

PLAN DE RCM PARA EL CIRCUITO DE 13,2 kV PL0103

PEDRO JOSÍAS LEÓN GARZÓN  
CESAR AUGUSTO CUCANCHÓN RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
BOGOTÁ D.C. III - 2016

PLAN DE RCM PARA EL CIRCUITO DE 13,2 kV PL0103

PEDRO JOSÍAS LEÓN GARZÓN

CESAR AUGUSTO CUCANCHÓN RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor: ÉDGAR VELASCO ROJAS

Ingeniero

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ D.C. III - 2016

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Bogotá, julio de 2016

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Dios por ser el dador de vida, a mi familia por el apoyo y colaboración que me brindaron, a mi esposa por la comprensión y sacrificio a lo largo de la especialización y a mi hija Maria del Rosario León Torres por ser el motor principal de mi vida.

Pedro Josias León Garzón.

## **Agradecimientos**

Como equipo de trabajo damos gracias a Dios.

En segundo lugar, agradecemos al cuerpo de profesores de la Universidad Piloto de Colombia, en especial al ingeniero Édgar Velasco quien fue el director del Proyecto y nos ayudo con su magnífica experiencia en el tema puntual del trabajo de grado y con todo su conocimiento y experiencia en gerencia de proyectos lo cual fue fundamental para alcanzar el objetivo.

## Tabla de contenido

<i>Abstract</i> .....	2
Introducción .....	3
Objetivo del trabajo de grado .....	5
1. Formulación .....	6
1.1. Descripción fuente del problema o necesidad.....	6
1.2. Planteamiento del problema.....	7
1.2.1. Antecedentes del problema.....	8
1.2.2.1. Cambios de crucetas.....	10
1.2.2.2 Instalación o cambio de las líneas de puesta a tierra.....	11
1.2.2.3 Cambio de protecciones.....	11
1.2.2.4 Cambio de postes y estructuras en mal estado.....	12
1.2.2.5 Poda de árboles cercanos a las redes de distribución.....	13
1.2.2.6 Tensionar líneas por vanos caídos.....	13
1.2.2.7 Cambio de transformadores y equipos de reconexión.....	14
1.2.2.8 Limpieza general sobre la red de distribución.....	14
1.2.3. Árbol de problemas.....	15
1.2.4. Descripción problema principal a resolver.....	16
1.2.5. Árbol de objetivos.....	17
1.3. Alternativas de solución, indicando alternativa seleccionada.....	18
1.3.1. Identificación de alternativas para solucionar problema.....	18
1.3.2. Selección de alternativas y consideraciones para la selección .....	18
1.3.3. Descripción general de la alternativa seleccionada .....	19

1.4. Objetivos del proyecto caso .....	20
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
1.5. Marco metodológico .....	21
1.5.1. Fuentes de información.....	22
1.5.2. Tipos y métodos de investigación.....	22
1.5.3. Herramientas para el proyecto.....	23
1.5.4. Supuestos y restricciones.....	23
1.5.5. Entregables del trabajo de grado.....	24
2. Estudios y evaluaciones .....	25
2.1. Estudio técnico.....	25
2.1.1. Electrificadora del meta s.a. e.s.p. ....	25
2.1.1.1. Descripción general de la organización.....	26
2.1.1.2. Direccionamiento estratégico.....	26
2.1.1.2.1. Misión.....	26
2.1.1.2.2. Visión.....	27
2.1.1.2.3. Valores.....	27
2.1.1.2.4. Políticas.....	28
2.1.1.2.5. Objetivos de la compañía.....	28
2.1.1.2.6. Mapa de procesos.....	29
2.1.1.2.7. Mapa estratégico.....	30
2.1.1.2.8.Estructura organizacional.....	32
2.1.2. Análisis y descripción del proceso.....	33
2.1.3. Estado del arte.....	39

2.1.3.1. Sistema eléctrico.....	39
2.1.3.2. Distribución y comercialización.....	40
2.1.3.3. Sistemas de suministro eléctrico. ....	42
2.1.3.4. Tipos de mantenimientos.....	43
2.1.3.5. Rcm en redes de distribución. ....	45
2.1.3.5.1. Confiabilidad y mantenimiento.....	46
2.1.3.5.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	48
2.1.3.5.3. Confiabilidad de sistemas de distribución de energía y distribución de <i>Weibull</i> .....	49
2.1.3.5.4. Determinación de los elementos críticos.....	51
2.1.3.6. Dispositivos para la detección temprana de fallos. ....	52
2.1.3.6.1. Cámara termográfica. ....	52
2.1.3.6.2. Analizador de calidad de energía. ....	53
2.1.4. Aplicación del estado del arte (diseño conceptual del plan de RCM circuito pl0103).....	54
2.1.4.1. Diagnóstico.....	54
2.1.4.2. Ingeniería. ....	56
2.1.4.3. Implementación. ....	62
2.2. Sostenibilidad.....	68
2.2.1. Objetivo del plan.....	69
2.2.2. Resumen sostenibilidad del proyecto. ....	69
2.2.2.1. Exclusiones.....	70
2.2.2.2. Descripción del proyecto. ....	70
2.2.3. Análisis del entorno.....	70



2.2.3.1. Ubicación geográfica.....	70
2.2.3.2. Análisis PESTLE.....	71
2.2.3.3. Análisis de involucrados. ....	73
2.2.3.4. Matriz de dependencia influencia.....	74
2.2.4. Estructura de desagregación del riesgo.....	75
2.2.4.1. Matriz de registro de riesgos. ....	76
2.2.4.2. Análisis cualitativo y cuantitativo. ....	76
2.2.4.2.1. Análisis cualitativo de riesgos.....	76
2.2.4.2.2. Análisis cuantitativo riesgos. ....	76
2.2.4.3. Matriz P5. ....	78
2.2.5. Ciclo de vida y ecoindicadores. ....	78
2.2.5.1. Análisis ciclo de vida del proyecto.....	79
2.2.5.2. Eco-indicador 99 .....	84
2.2.5.3 huella de carbono del proyecto.....	86
2.2.5.4. Análisis de impactos ambientales.....	89
2.3 Estudio económico - financiero .....	89
2.3.1 EDT.....	90
2.3.2. Cuenta de control y cuenta de planeación. ....	91
2.3.3. <i>Resource Breakdown Structure -ReBS-</i> .....	92
2.3.4. <i>Cost Breakdown Structure -CBS-</i> .....	93
2.3.5. Presupuesto del proyecto y presupuesto caso de negocio.....	94
2.3.6. Fuentes y usos de fondos. ....	95
2.3.7. Flujo de caja.....	96
2.3.8. Evaluación financiera. ....	96

2.3.9. Análisis de sensibilidad. ....	98
2.3.9.1 Informe de sensibilidad del proyecto con variación en costos de mano de obra. ....	98
2.3.8.2 Análisis de sensibilidad con modificación en tiempo de entrega del proyecto. ....	99
3. Planificación del proyecto.....	101
3.1. Programación .....	101
3.1.1. Línea base del alcance .....	101
3.1.2. Línea base del tiempo. ....	102
3.1.2.1. Diagrama red. ....	104
3.1.2.2. Cronograma. ....	104
3.1.2.3. Nivelación de recursos. ....	105
3.1.2.4. Uso de recursos. ....	105
3.1.3. Línea base del costo.....	106
3.1.4. Indicadores.....	108
3.1.4.1. Curva S de medición de desempeño.....	108
3.1.4.2. Curva S de costo.....	109
3.1.4.3. Valor ganado .....	109
3.1.5. Riesgos principales con impacto.....	111
3.1.6. Estructura organizacional -OBS-.....	115
3.1.6.2. Matriz responsabilidad -RACI- .....	116
3.2.1. Plan de gestión del proyecto. ....	117
3.2.2. Plan de gestión del alcance. ....	119
3.2.3. Plan de gestión del tiempo. ....	121

3.2.4. Plan de gestión de costos. ....	123
3.2.5. Plan de gestión de la calidad. ....	125
3.2.6. Plan de gestión de recursos humanos. ....	129
3.2.7. Plan de gestión de las comunicaciones. ....	130
3.2.8. Plan de gestión de riesgos. ....	132
3.2.9. Plan de gestión de las adquisiciones. ....	134
3.2.10. Plan de gestión de interesados. ....	138
3.2.11. Plan de gestión de cambios. ....	140
Referencias bibliográficas .....	144
Anexos .....	148

## Lista de tablas

Tabla 1. Selección de alternativa con técnica AHP .....	19
Tabla 2. Indicadores trimestrales DES y FES anuales circuito PL0103 .....	34
Tabla 3. Indicadores trimestrales DES y FES anuales circuito PL0103 Resumen .....	35
Tabla 4. Causas típicas sobre circuitos de distribución I .....	36
Tabla 5. Causas típicas sobre circuitos de distribución II.....	37
Tabla 6. Causas típicas de falla superiores al 1% circuito PL0103 .....	65
Tabla 7. Probabilidad de ocurrencia de falla.....	66
Tabla 8. Detectabilidad de la falla.....	67
Tabla 9. Severidad del efecto de falla .....	68
Tabla 10. Análisis de involucrados .....	73
Tabla 11. Matriz de dependencia influencia .....	74
Tabla 12. Análisis cuantitativo de riesgos.....	77
Tabla 13. Análisis de ciclo de vida etapa de diagnóstico.....	80
Tabla 14. Análisis de ciclo de vida etapa de ingeniería .....	81
Tabla 15. Análisis de ciclo de vida etapa de implementación .....	82
Tabla 16. Análisis de ciclo de vida etapa de seguimiento.....	83
Tabla 17. Análisis Eco-indicador 99 etapa diagnóstico .....	84
Tabla 18. Análisis Eco-indicador 99 etapa ingeniería .....	85
Tabla 19. Análisis Eco-indicador 99 etapa adquisiciones.....	85
Tabla 20. Análisis Eco-indicador 99 etapa implementación.....	86
Tabla 21. Análisis Huella de carbono etapa diagnóstico .....	87
Tabla 22. Análisis Huella de carbono etapa ingeniería.....	87

Tabla 23. Análisis Huella de carbono etapa adquisiciones .....	88
Tabla 24. Análisis Huella de carbono etapa implementación .....	88
Tabla 25. Evaluación financiera.....	97
Tabla 26. Costo acumulado del proyecto teniendo en cuenta la variación de mano de obra.....	98
Tabla 27. Presupuesto del proyecto RCM PL0103 .....	107
Tabla 28. Indicadores de desempeño plan RCM PL0103 .....	110
Tabla 29. Riesgos principales y análisis cualitativo .....	112
Tabla 30. Análisis cuantitativo de los riesgos principales del proyecto .....	113
Tabla 31. Escenarios posibles del proyecto .....	114

## Lista de figuras

Figura 1. Topología del circuito de 13,2 kV PL0103. ....	9
Figura 2. Árbol de problemas.....	15
Figura 3. Árbol de objetivos. ....	17
Figura 4. Mapa de procesos de EMSA ESP.....	30
Figura 5. Mapa estratégico de EMSA .....	31
Figura 6. Estructura organizacional de EMSA. ....	32
Figura 7. Tendencia Indicadores DES y FES circuito PL0103.....	33
Figura 8. Clientes circuito PL0103 .....	38
Figura 9. Esquema de un sistema eléctrico. ....	40
Figura 10. Ubicación de sistemas de distribución dentro de un sistema de potencia. ....	43
Figura 11. Índice de impacto.....	51
Figura 12. Imagen térmica motor 200 HP.....	53
Figura 13. Analizador de calidad de energía.....	54
Figura 14. Ciclos para reemplazo preventivo con base en la edad.. ....	57
Figura 15. Estructura de desagregación del riesgo.....	75
Figura 16. EDT del proyecto.....	90
Figura 17. Resource breakdown structure-ReBS-.....	92
Figura 18. Estructura de desagregación del costo.....	93
Figura 19. Presupuesto del proyecto. ....	94
Figura 20. Costo y costo acumulado del proyecto. ....	95
Figura 21. Costo presupuestado por periodo.....	95
Figura 22. Informe flujo de caja.....	96

Figura 23. Nuevo costo y tiempo del proyecto. ....	99
Figura 24. Línea base del tiempo. ....	103
Figura 25. Cronograma tareas resumen. ....	104
Figura 26. Uso de recursos del proyecto. ....	106
Figura 27. Curva S de avance. ....	108
Figura 28. Curva S de costo. ....	109
Figura 29. Valor ganado plan RCM PL0103.. ....	111
Figura 30. Estructura organizacional.. ....	115

## Lista de anexos

Anexo A. Análisis modal de fallos y efectos circuito PL0103. ....	148
Anexo B. Análisis PESTLE Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103. ....	153
Anexo C. Identificación de riesgos. ....	156
Anexo D. Análisis cualitativo de riesgos. ....	161
Anexo E. Matriz P5.....	164
Anexo F. Cuenta de control sobre MS Project.....	176
Anexo G. Aplicación análisis multi-criterio para toma de decisiones con método de AHP con técnica nominal de grupo para selección idea de proyecto. ....	180
Anexo H. Aplicación análisis multi-criterio para toma de decisiones con método de AHP con técnica nominal de grupo para definir la alternativa a desarrollar como idea.....	183
Anexo I. <i>Project Charter</i> . ....	186
Anexo J. <i>Project ScopeStatement</i> . ....	189
Anexo K. <i>Product ScopeStatement</i> . ....	193
Anexo L. Requerimientos del producto .....	195
Anexo M. Flujo grama proceso de aprobación de adquisiciones.....	196
Anexo N. Diccionario de la EDT del proyecto a nivel 3 .....	197
Anexo O. EDT del proyecto. ....	208
Anexo P. Diagrama de red del proyecto. ....	209
Anexo Q. Diagrama de Gantt del proyecto.....	210
Anexo R. Nivelación de recursos.....	214
Anexo S. Uso de recursos del proyecto. ....	216



Anexo T. Plan de respuesta al riesgo. ....	227
Anexo U. Matriz RACI.....	230
Anexo V. Actividades del proyecto. ....	232

## **Resumen**

Las constantes interrupciones sobre el circuito de 13,2 kV PL0103 en el departamento del Meta, requieren el desarrollo de un plan de mantenimiento capaz de mitigar dichos fallos garantizando a su vez el flujo constante de energía a través del circuito mencionado.

Debido a la necesidad de mejorar los indicadores de calidad del servicio y la percepción de la población en cuanto a continuidad y buena prestación, se pretende desarrollar un plan de mantenimiento centrado en la teoría de confiabilidad (RCM) que le permita al operador de red del departamento del Meta si así lo considera, mejorar sustancialmente la prestación del servicio de energía a los clientes asociados al circuito de 13,2 kV PL0103 en el municipio de Puerto López.

Palabras clave: circuito, energía, electrificadora y mantenimiento.

### **Abstract**

Them constant interruptions on the circuit of 13,2 kV PL0103 in the Department of Meta, require the development of a plan of maintenance capable of mitigating such failures ensuring to its time the flow constant of energy through the circuit mentioned.

Due to the need of improve them indicators of quality of the service and the perception of it population. with regard to continuity and good provision, is aims to develop a maintenance plan centered in it theory of reliability (RCM) that you allow to the operator of network of the Department of Meta if so it considered, improve substantially the provision of the service of energy to them customers associated to the circuit of 13,2 kV PL0103 in the municipality of Puerto López.

Key words: circuit, energy, electrificadora and maintenance.

## Introducción

La distribución de energía eléctrica en el departamento del Meta se encuentra actualmente en proceso de desarrollo a fin de consolidar la prestación de éste servicio como uno de los más exitosos del país en cuanto a comercialización y distribución se refiere, por esta razón el operador de red en el departamento del Meta ha centrado su atención a la calidad y excelencia para con sus clientes.

Durante los últimos años los costos de mantenimiento en las redes de distribución de 13,2 kV del departamento del Meta han ido en aumento debido a las dificultades que presenta en los circuitos de difícil acceso y a que el único mantenimiento que se les realiza es solo cuando ocurre la falla, es decir, mantenimiento correctivo.

El circuito de 13,2 kV PL0103 se extiende a lo largo de la zona rural del municipio de Puerto López, en la actualidad sus indicadores de calidad no son adecuados, por lo que requieren especial atención dada la importancia que el circuito representa en la región, por tanto y tomando en consideración la falta de atención sobre sus líneas de distribución se desarrollará un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad que permita solucionar la problemática actual.

El plan de mantenimiento centrado en confiabilidad por sus siglas en inglés (RCM) *Reliability Centered Maintenance*, se diseñará en base a los requerimiento que el circuito de 13,2 kV PL0103; las fallas del circuito, sus causas, efectos y consecuencias a fin de predecir en la medida de lo posible efectos negativos mediante la programación de

actividades que garanticen la correcta prestación del servicio de sus componentes y corrigiendo cuando haya la necesidad, esto permitirá disminuir la gravedad de las fallas al punto de que no se generen o mitigar su aparición garantizando un flujo continuo de energía, siempre orientado al aumento de la confiabilidad y a la continuidad del servicio.

El proyecto realizará la descripción del problema a resolver mediante la presentación del árbol del problema indicando los objetivos general y específicos enmarcando los entregables del trabajo de grado, se realizará el estudio técnico referente al circuito de 13,2 kV PL0103 pasando por una descripción general del operador de red en el departamento del Meta indicando la situación actual en la cual se encuentra el plan de mantenimiento sobre las redes de 13,2 kV de la organización, se desarrollará el plan de sostenibilidad del proyecto realizando un análisis del entorno en el municipio de Puerto López y analizando los riesgos a los cuales el proyecto está expuesto, se realizará el estudio económico y financiero indicando el presupuesto y recursos necesarios para su ejecución, por último se presentará el desarrollo del cronograma en *MS Project* indicando el desempeño del proyecto a través y se definirán sus correspondientes indicadores de desempeño al igual que la curva S del proyecto, se presentarán los planes de gestión del proyecto de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

### **Objetivo del trabajo de grado**

Realizar una propuesta para un plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103, aplicando las buenas prácticas de gerencia de proyectos presentadas en el estándar del PMI e impartidas en la especialización que se cursa.

## **1. Formulación**

A continuación se presenta la formulación del proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103, donde se realiza una descripción de la necesidad existente y se plantea la problemática a resolver.

### **1.1. Descripción fuente del problema o necesidad**

Actualmente las redes de media tensión de los circuitos rurales pertenecientes al operador de red del departamento del Meta presentan un deterioro considerable; debido a la carencia de planes de mantenimiento en los componentes de la red, por ésta razón la continuidad y calidad del servicio está siendo afectada, ésta es la situación del circuito PL0103, a la fecha se presentan continuas interrupciones, que generan una pésima percepción en los usuarios finales; ya que no cuentan con suministro constante de energía.

Tomando en consideración que el 100% de la red de MT del circuito PL0103 se encuentra en línea abierta, distribuida en un 10% para el sector urbano y 90% en el sector rural con presencia de espesa vegetación y condiciones de alta humedad, el circuito de 13,2 kV PL0103 se ha venido deteriorando durante los últimos cinco (5) años comprometiendo la calidad de los componentes de la red. (Electrificadora del Meta, 2015)

La zona presenta una topografía llana invariable; pero con alta incidencia de vegetación, que constantemente invade los tramos de red activando los dispositivos de protección aguas arriba, dependiendo de la intensidad y duración de la falla; así mismo los actuales dispositivos de reconexión (*Reclosers*) cuentan con más de 15 años de servicio y en su mayoría se encuentran obsoletos, lo que implica que pueda que no respondan de manera adecuada en el restablecimiento del servicio cuando éste se ve interrumpido, para los casos menos severos se dispone de una cuadrilla que atiende las incidencias según se requiera y se encuentra alerta a las aperturas de las líneas o disparo de protecciones menores, lo que toma tiempo desde la alerta pasando por la definición de cuál fue la falla hasta el restablecimiento mismo del servicio.

Por otra parte la zona cuenta con una cuadrilla dedicada a la poda de la vegetación que se aproxima demasiado sobre los tramos de red pero solo hasta que suceden los cortes no programados ésta se dirige al sitio a fin de despejar las líneas, en resumen la falta de equipos y elementos en buen estado y actualizados, el abandono de las redes y la carencia de un plan de mantenimiento para los elementos que la componen, son la fuente de la problemática presentada en el circuito de 13,2 kV PL0103 del municipio Puerto López departamento del Meta.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En la actualidad la distribución de energía sobre la red del circuito de 13,2 kV PL0103 en la región Nororiental del departamento del se ha visto afectada por constantes interrupciones y la duración de las mismas representan un problema relevante



que afecta a los usuarios conectados al sistema y a la empresa distribuidora debido a los bajos indicadores DES y FES que ponen de manifiesto la mala calidad del servicio. (Electrificadora del Meta, 2015)

Una de las soluciones a ésta problemática radica en actualizar el plan de mantenimiento utilizado el cual no va más allá de las acciones correctivas por un plan más dinámico y complejo como lo es el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) el cual ha tenido gran aceptación dentro del sector industrial por presentar beneficios con un bajo costo de inversión. Es por ésta razón a través de una consulta bibliográfica extensa y datos recopilados de fallas sobre el circuito de 13,2 kV PL0103 que se desea desarrollar un plan de mantenimiento centrado en ésta metodología para aumentar la disponibilidad y calidad de servicio representado en los indicadores DES y FES del circuito. (Electrificadora del Meta, 2015).

### **1.2.1. Antecedentes del problema.**

El circuito PL0103 de 13,2 kV tiene una longitud aproximada de 230 km, circuito con más de 20 años de servicio, que abastece de energía a una pequeña parte del casco urbano y a las principales veredas del municipio de Puerto López (Meta), sin embargo carece de equipos de última tecnología para su protección y no cuenta con un adecuado programa de mantenimiento que garantice el estado óptimo de sus elementos y equipos, en la Figura 1 se presenta la extensión del circuito PL0103. (Electrificadora del Meta, 2015)

Figura 1. Topología del circuito de 13,2 kV PL0103



Fuente: (Electrificadora del Meta, 2015) - *Google Earth*.

La Figura 1 muestra la magnitud del circuito y su difícil topología, esto aumenta la probabilidad de falla siendo uno de los circuitos de media tensión en la región que más fallas presenta con un promedio de 724 interrupciones para el periodo comprendido de 2.003 a 2.015 generando un indicador de calidad regular y pérdidas económicas para la empresa. (SIU)

En los últimos años el 80% del manteniendo que se ha realizado sobre los circuitos de distribución rural de 13,2 kV ha sido netamente correctivo, lo cual srefleja la carencia de un programa de manteniendo adecuado que cuide y proteja la vida útil de los

diferentes elementos del sistema, reduzca costos de mantenimiento y mejore la calidad del servicio. Sus esfuerzos actuales se enfocan en el mantenimiento correctivo de sus redes eléctricas como se relaciona a continuación. (Electrificadora del Meta, 2015)

#### ***1.2.2.1. Cambios de crucetas.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, igualmente se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Se aseguran los conductores con aparejos y tensionadores.
- e) Se retira los amarres de paso y debe soltarse los conductores y pases si existen.
- f) Retirar diagonales metálicas.
- g) Retirar crucetas averiadas o para cambio.
- h) Se instalan los aisladores con crucetas.
- i) Se instalan la cruceta nueva y los aisladores.
- j) Instalar diagonales metálicas.
- k) Tensionar los conductores.
- l) Se realiza la maniobra para energizar.
- m) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

***1.2.2.2 Instalación o cambio de las líneas de puesta a tierra.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, así mismo se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Realizar la desconexión de la línea de puesta a tierra.
- e) Cambio de línea de puesta a tierra.
- f) Se realiza la maniobra para energizar.
- g) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

***1.2.2.3 Cambio de protecciones.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, así mismo se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Realizar el retiro de las cañuelas o protecciones a intervenir.
- e) Cambio de las protecciones averiadas o para cambio.
- f) Se realiza la maniobra para energizar.
- g) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

#### ***1.2.2.4 Cambio de postes y estructuras en mal estado.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, así mismo se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Retiro de protecciones y portacañuelas.
- e) En caso de ser una estructura de paso que soporte transformadores además de las líneas de distribución se debe asegurar los conductores con aparejos y templadores, así como la estructura misma.
- f) Se retira los amarres de paso y debe soltarse los conductores y pases si existen.
- g) Retirar diagonales metálicas, retiro de transformador y bajantes.
- h) Retirar crucetas averiadas o para cambio.
- i) Retiro de poste o estructura mediante grúa.
- j) Instalación de la nueva estructura o poste
- k) Se instalan los aisladores con crucetas.
- l) Se instalan la cruceta nueva y los aisladores.
- m) Instalar diagonales metálicas.
- n) Instalar transformador y bajantes.
- o) Tensionar los conductores.
- p) Instalación de protecciones.
- q) Se realiza la maniobra para energizar.
- r) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

***1.2.2.5 Poda de árboles cercanos a las redes de distribución.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, igualmente se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Se realiza mediante carro canasta la poda de vegetación cercana a la red de distribución.
- e) Se realiza la maniobra para energizar.
- f) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

***1.2.2.6 Tensionar líneas por vanos caídos.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, igualmente se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Se aseguran los conductores con aparejos y tensionadores.
- e) Se realiza tensión de las líneas de distribución.
- f) Se realiza la maniobra para energizar.
- g) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

#### ***1.2.2.7 Cambio de transformadores y equipos de reconexión.***

- a) Recorrer el área y verificar sitio de operación.
- b) Se delimita el área de trabajo y se aleja el personal no autorizado de la zona.
- c) Se realiza la maniobra para la apertura de los circuitos que energizan la zona de trabajo, así mismo se debe cumplir con las distancias mínimas de seguridad.
- d) Retiro de protecciones y portacañuelas.
- e) Dado que se trata de una estructura de paso que soporta un transformador así como las líneas de distribución se deben asegurar los conductores con aparejos y tensionadores al igual que la estructura misma.
- f) Retiro mediante grúa del transformador averiado o para cambio.
- g) Instalar transformador y bajantes.
- h) Instalación de protecciones.
- i) Se realiza la maniobra para energizar.
- j) Confirmar finalmente el restablecimiento del servicio.

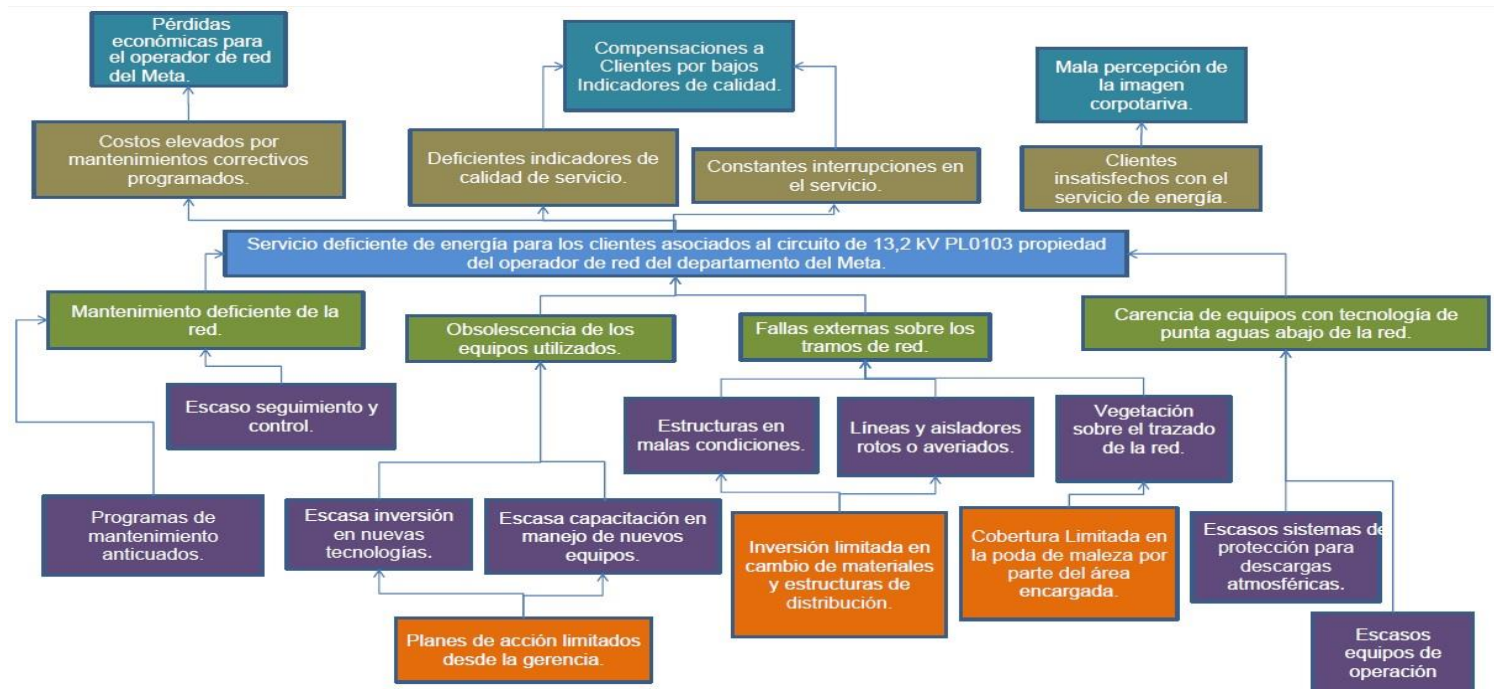
#### ***1.2.2.8 Limpieza general sobre la red de distribución.***

Labores de remoción de maleza y vegetación que crece alrededor de la red que compone el circuito de 13,2 kV PL0103. (Electrificadora del Meta, 2015).

### 1.2.3. Árbol de problemas.

En la Figura 2 se muestra el árbol de problemas identificados y de donde se toma la determinación de trabajar sobre una de las causas del problema principal, el mantenimiento deficiente de la red.

**Figura 2.** Árbol de problemas.



Fuente: Autores.



#### **1.2.4. Descripción problema principal a resolver.**

El principal problema a resolver es el deficiente servicio de energía del circuito de 13,2 kV PL0103, sin embargo el desarrollo del proyecto centra su atención en una de sus causas, el mantenimiento deficiente que se le ha brindado al circuito durante los últimos años, con el objetivo de mejorar la prestación del servicio a los clientes. En la actualidad el 90% de manteniendo que se realiza es correctivo, es decir; que se ejecutan operaciones de mantenimiento cuando algún elemento o equipo de la red falla.

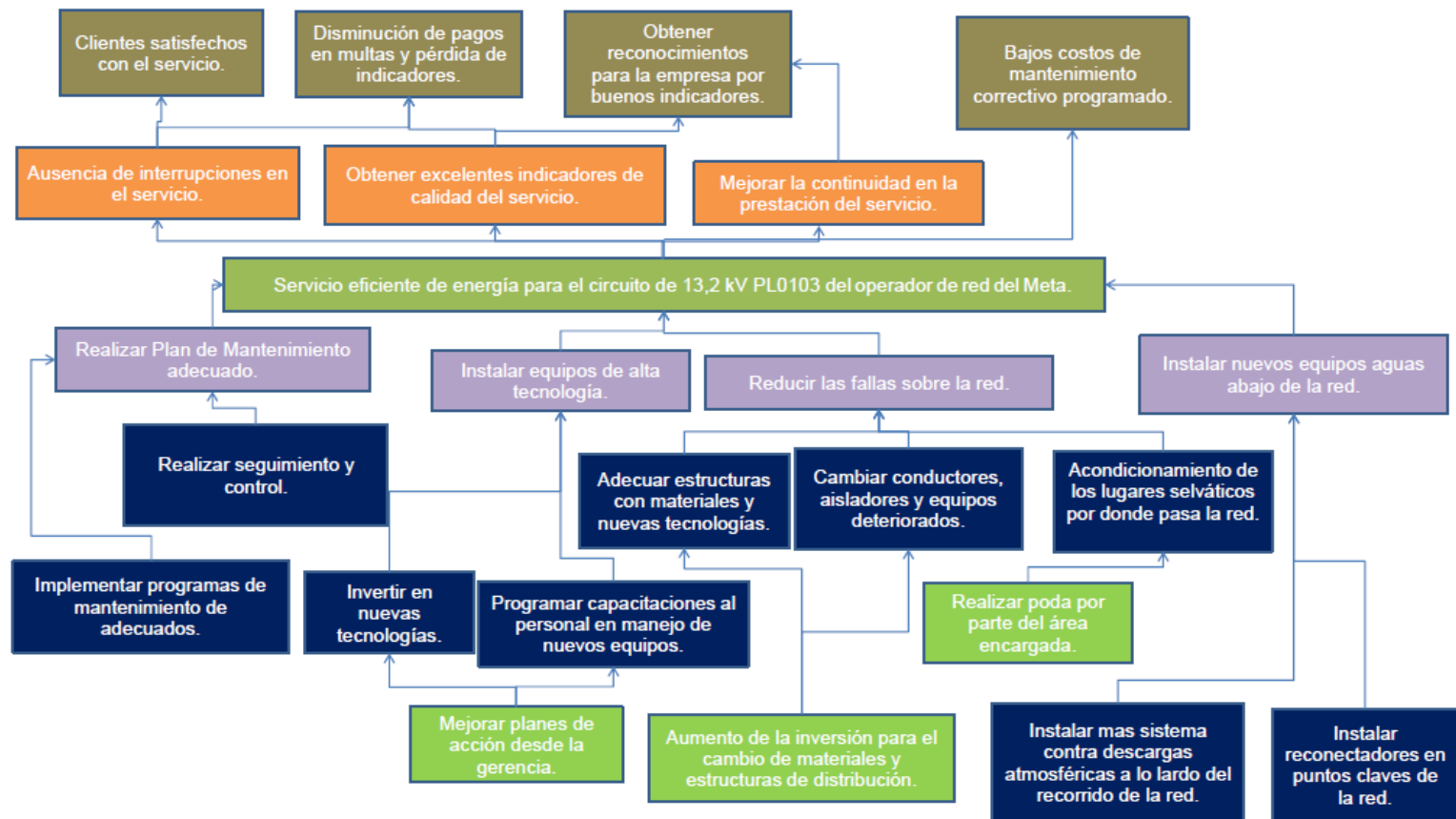
Para los circuitos de 13,2 kV en el departamento del Meta se han enfocado esfuerzos en resolver las emergencias (interrupciones no programadas), realizando únicamente acciones correctivas, con el supuesto de que es más económico que realizar otros tipos de mantenimientos y dejando de lado la calidad y el beneficio que tendría al ofrecer una mayor confiabilidad en la prestación del servicio de energía.

Por tal motivo el objetivo de este proyecto enfoca su atención en la deficiencia del mantenimiento, planteando un proyecto donde se establece un modelo adecuado y eficiente basado en la teoría del RCM con el propósito de mejorar los indicadores de calidad DES y FES, la continuidad del servicio y la percepción de excelencia del usuario final del circuito de 13,2 kV PL0103.

### 1.2.5. Árbol de objetivos

El árbol de objetivos referente al proyecto RCM del circuito PL0103 se presenta en la Figura 3.

**Figura 3.** Árbol de objetivos.



Fuente: Autores.

### **1.3. Alternativas de solución, indicando alternativa seleccionada.**

Con el objetivo de encontrar y plantear una alternativa que ayude al operador de red del Meta con la problemática actual que se presenta en el circuito de 13,2 kV PL0103, se tuvieron en cuenta varios escenarios y alternativas que pudieran dar solución.

#### **1.3.1. Identificación de alternativas para solucionar problema.**

Para la identificación de alternativas se tuvo en cuenta el juicio de expertos y las teorías de los diferentes tipos de mantenimientos que se realizan a circuitos de distribución de energía; encontrando las siguientes alternativas:

- a) Remodelación de red (cambio de conductor desnudo en red abierta por conductor semi-aislado en red compacta).
- b) Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)
- c) Instalación de nuevos equipos de última tecnología (instalación de seccionadores, reconectores en lugares estratégicos).

#### **1.3.2. Selección de alternativas y consideraciones para la selección**

Una vez identificadas las alternativas se procedió a realizar el análisis multi-criterio para toma de decisiones con el método AHP con técnica nominal de grupo para escoger la alternativa a desarrollar, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Costo de la alternativa.
- b) Efectividad de la alternativa.
- c) Vida útil de cada alternativa.
- d) Impacto al cliente en su implementación (tiempos de cortes de energía).

Una vez realizada la evaluación y con base a las consideraciones planteadas, se obtuvo el siguiente resultado como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Selección de alternativa con técnica AHP

	Costo	Efectividad	Vida Útil	Impacto negativo al Cliente en la aplicación	Total
<b>Opción 1</b>	0,06	0,21	0,26	0,09	0,16
<b>Opción 2</b>	0,72	0,69	0,63	0,61	0,67
<b>Opción 3</b>	0,22	0,10	0,11	0,30	0,17
<b>Ponderación por Criterios</b>	<b>0,14</b>	<b>0,55</b>	<b>0,05</b>	<b>0,26</b>	

Fuente: Autores.

Finalmente se seleccionó como mejor alternativa el Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

### 1.3.3. Descripción general de la alternativa seleccionada

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) consiste en el conjunto de actividades sincronizadas de planeación, organización, ejecución y control, en aras de determinar el tipo de mantenimiento más apropiado y efectivo, con el firme objetivo de

aumentar la confiabilidad de los equipos que integran el sistema y reducir los costos asociados al manteamiento que se realiza al circuito de 13,2 kV PL0103.

Finalmente el RCM integra las siguientes actividades:

- a) Mantenimiento Predictivo.
- b) Mantenimiento Preventivo.
- c) Mantenimiento Correctivo.
- d) Análisis de Confiabilidad: modos de fallo, tasas de fallo e indisponibilidad.

De igual manera el RCM pretende planificar las tareas de mantenimiento que se deben realizar, con base a las necesidades reales de la red. Los diferentes modelos de mantenimiento son necesarios, pero sólo la combinación adecuada de ellos resultará más eficiente en términos de confiabilidad de los equipos y la red en general.

#### **1.4. Objetivos del proyecto caso**

A continuación se relacionan el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto.

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Prestar un servicio eficiente de energía a los clientes asociados al circuito de 13,2 kV PL0103, perteneciente al operador de red del departamento del Meta.

#### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- a) Establecer un cronograma que permita dar cumplimiento en el tiempo definido de la propuesta.
- b) Establecer los procesos para el modelo de mantenimiento.
- c) Listar actividades, equipos y materiales que se requiere para el diseño e implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
- d) Estimar el presupuesto necesario para la implementación del modelo planteado.
- e) Disminución de costos en mantenimiento.
- f) Aumentar la confiabilidad y calidad del servicio.
- g) Establecer un seguimiento simple una vez sea implementada la propuesta RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

#### **1.5. Marco metodológico**

El marco metodológico se plantea con el fin de dar cumplimiento al proyecto y comprender las necesidades, restricciones y supuestos para el mismo, de igual manera la necesidad de herramientas; los entregables del proyecto deben estar alineados con un objetivo principal, el cual es proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 propiedad del operador de red del Meta.

### **1.5.1. Fuentes de información.**

La fuente de información para la realización del proyecto proviene de fuentes directas e indirectas.

Directas:

- a) Información del operador de red el Meta y la Creg.
- b) Históricos de fallas del circuito de 13,2 kV PL0103.
- c) Estado actual de la red.
- d) Indicadores de calidad actuales del circuito PL0103

Indirectas:

- a) Teoría de RCM.
- b) Experiencias de aplicación de RCM en circuitos de distribución de energía.
- c) Supuestos referente a estimación de tiempos y costos en base a experiencias anteriores con proyectos de similar envergadura.

### **1.5.2. Tipos y métodos de investigación.**

El método de investigación es inductivo-deductivo y se procederá de acuerdo a la información histórica de las fallas que afectan la continua prestación del servicio, se revisará cada tipo de falla y se analizará componente por componente de la red y se determinarán las necesidades para plantear el modelo de solución.

### **1.5.3. Herramientas para el proyecto.**

- a) Información disponible del circuito PL0103.
- b) Estudio del estado de la red.
- c) Software WBS Chart Pro.
- d) *Microsoft Project*.
- e) Estándar PMI.
- f) Computador personal.

### **1.5.4. Supuestos y restricciones.**

Para la realización del proyecto se tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- a) Se contará con toda la información que se requiera del Operador de Red del Meta.
- b) Adecuada recepción del estándar del PMI para la realización del trabajo de grado.
- c) Conocimiento y manejo óptimo de herramientas informáticas que permitan desarrollar el proyecto (*Microsoft Project*).

De igual manera se cuentan con las siguientes restricciones:

- a) El proyecto debe estar alineado con la “Agenda de desarrollo después 2015” de la ONU.
- b) Debe apuntar al Plan de Desarrollo del orden municipal, o departamental
- c) Debe aportar al desarrollo económico del Operador de Red del Meta.
- d) Debe ser verificable durante su implementación.



### **1.5.5. Entregables del trabajo de grado.**

Los entregables del proyecto definen el alcance y son relacionados a continuación:

- a) Formulación del proyecto caso.
- b) Estudio y evaluación del proyecto caso.
- c) Planeación del proyecto caso.

El producto del proyecto caso tiene como propósito:

- a) Prestar un servicio eficiente de energía a los clientes asociados al circuito de 13,2 kV PL0103.
- b) Mejorar las estrategias de mantenimiento utilizadas por el operador de red de Meta.
- c) Evitarle al operador de red del Meta el pago de sanciones y compensaciones a clientes.
- d) Mejorar el indicador de facturación del circuito PL0103.

El proyecto caso se encuentra plasmado en el Anexo O y consta de las siguientes etapas:

- a) Diagnóstico
- b) Ingeniería
- c) Adquisiciones
- d) Implementación
- e) Gerencia de proyectos.

## **2. Estudios y evaluaciones**

A continuación se mostrarán los estudios y evaluaciones necesarias que harán viable el proyecto técnica y económicamente, por tal motivo se presenta el estudio técnico, la sostenibilidad del proyecto y la evaluación económico-financiera.

### **2.1. Estudio técnico**

En Colombia el sistema eléctrico está compuesto por el sistema de generación, transformación, transmisión, distribución y comercialización (uso final). El operador de red del departamento del Meta (EMSA ESP) cuenta con el circuito de 13,2 kV PL0103 para la distribución y comercialización de energía eléctrica en el municipio de Puerto López. Este proyecto centra sus esfuerzos en el mantenimiento sobre el sistema de distribución abarcando las líneas de media tensión.

El proyecto propone un plan de mantenimiento apropiado para el circuito PL0103 de 13,2 kV, con el objetivo de reducir las fallas y que se preste una mejor calidad en el servicio a sus usuarios.

#### **2.1.1. Electrificadora del Meta S.A. E.S.P.**

El circuito PL0103 13,2 kV pertenece al sistema de distribución local del operador de red del Meta EMSA ESP y está asociado a la subestación de potencia de Puerto López.

#### ***2.1.1.1. Descripción general de la organización.***

El operador de red del Meta EMSA ESP es una empresa con más de 34 años asociado al sector eléctrico de Colombia, de inversión mixta con una participación mayoritaria de la nación y que funciona a lo largo y ancho del departamento del Meta. EMSA. ESP está encargada de prestar el servicio de energía eléctrica en la región a más de 205.000 suscriptores en todos los sectores (residencial, comercial, industrial y oficial y/o alumbrado público). Con activos en los cuatro (4) niveles de tensión, buscando satisfacer las necesidades de los clientes y brindar calidad en la prestación del servicio, el eslogan de la empresa es “trabajamos con energía”.

#### ***2.1.1.2. Direccionamiento estratégico.***

El operador de red del Meta, trabaja bajo los criterios de eficiencia, rentabilidad y responsabilidad social.

##### ***2.1.1.2.1. Misión.***

Suministramos energía gestionando eficientemente negocios energéticos y complementarios generando valor a los accionistas, con excelencia en los servicios prestados a nuestros clientes y capital humano calificado y comprometido, actuando con responsabilidad social y ambiental que contribuyen al desarrollo de la región y el país. (Electrificadora del Meta, 2015)

#### *2.1.1.2.2. Visión.*

En el 2020 tendremos un margen EBITDA superior al 30% y consolidaremos la diversificación de nuestros ingresos con una participación mayor al 20% derivado de otros negocios. (Electrificadora del Meta S.A. E.S.P. – Nuestra Empresa).

#### *2.1.1.2.3. Valores.*

El operador de red del Meta EMSA ESP se enmarca dentro de los siguientes valores y principios, los cuales identifican el sentir de sus individuos y se convertirán en la guía principal para la definición de todas sus actuaciones.

- a) Fidelidad.
- b) Lealtad.
- c) Honestidad.
- d) Legalidad.
- e) Verdad.
- f) Buena fe.
- g) Respeto y tolerancia.
- h) Diligente.
- i) Efectividad.
- j) Innovación.
- k) Trabajo en equipo.
- l) Imparcialidad y equidad.

- m) Responsabilidad social y ambiental.
- n) Oportunidad y calidad en el servicio.
- o) Disposición al control ciudadano.
- p) Competitividad y productividad. (Electrificadora del Meta, 2015).

#### *2.1.1.2.4. Políticas.*

Ofrecer el servicio de energía eléctrica con calidad, garantizando la solución oportuna a las necesidades de los clientes, apoyados en la optimización de la infraestructura, el desarrollo del talento humano, la mejora continua de los procesos, implementando buenas prácticas ambientales, actividades de promoción y prevención en seguridad y salud en el trabajo, cumpliendo el marco legal aplicable, siendo responsables socialmente con sus grupos de interés. (Electrificadora del Meta, 2015).

#### *2.1.1.2.5. Objetivos de la compañía.*

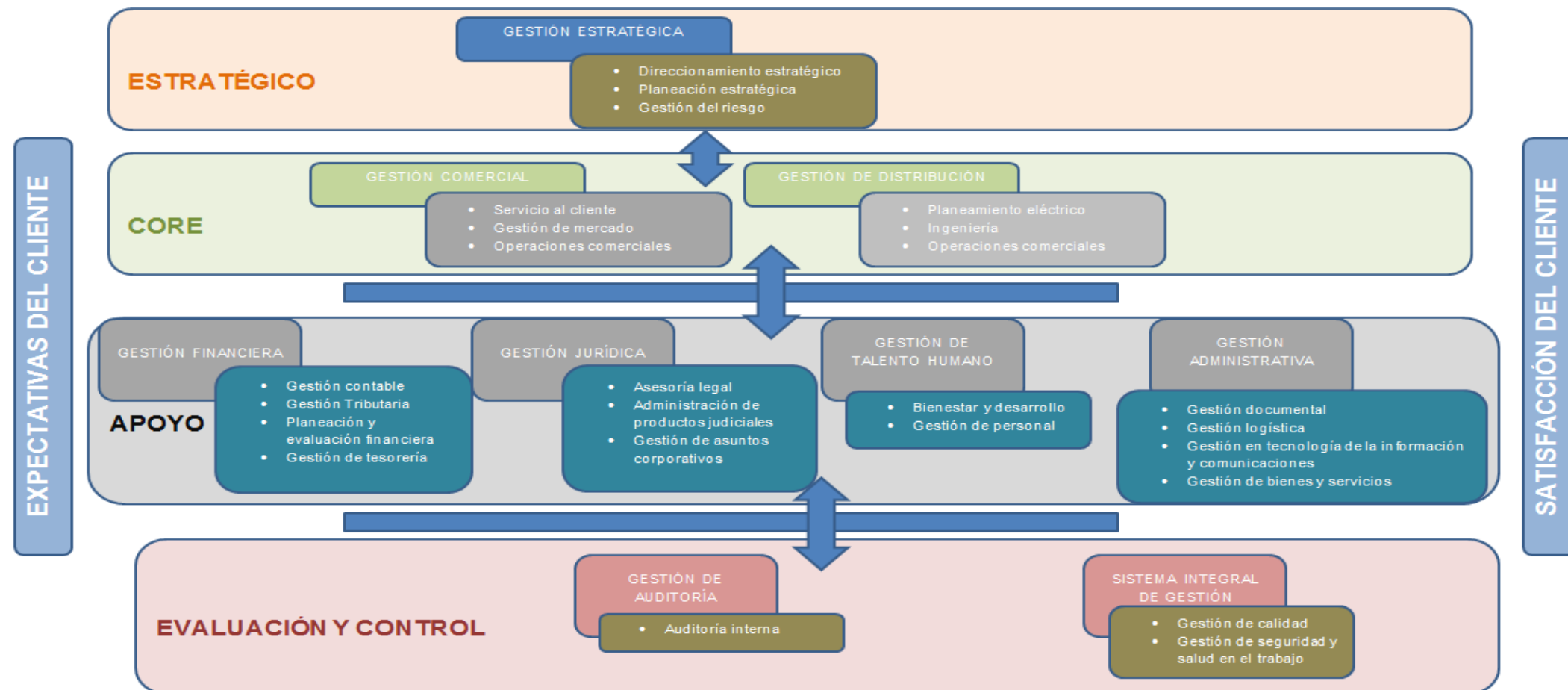
- a) Permanecer rentable en el tiempo.
- b) Asegurar la calidad del servicio.
- c) Aumentar la satisfacción del cliente y obtener su reconocimiento.
- d) Optimizar los procesos.
- e) Desarrollar competencias del talento humano.
- f) Fortalecer participación de trabajadores en la gestión de Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente.
- g) Reducir ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades laborales.

- h) Garantizar el cumplimiento de legislación en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. (Electrificadora del Meta, 2015).

#### *2.1.1.2.6. Mapa de procesos.*

En la Figura 4. Se presenta el mapa de procesos del operador de red que va desde la expectativa de los clientes hasta la satisfacción de los mismos.

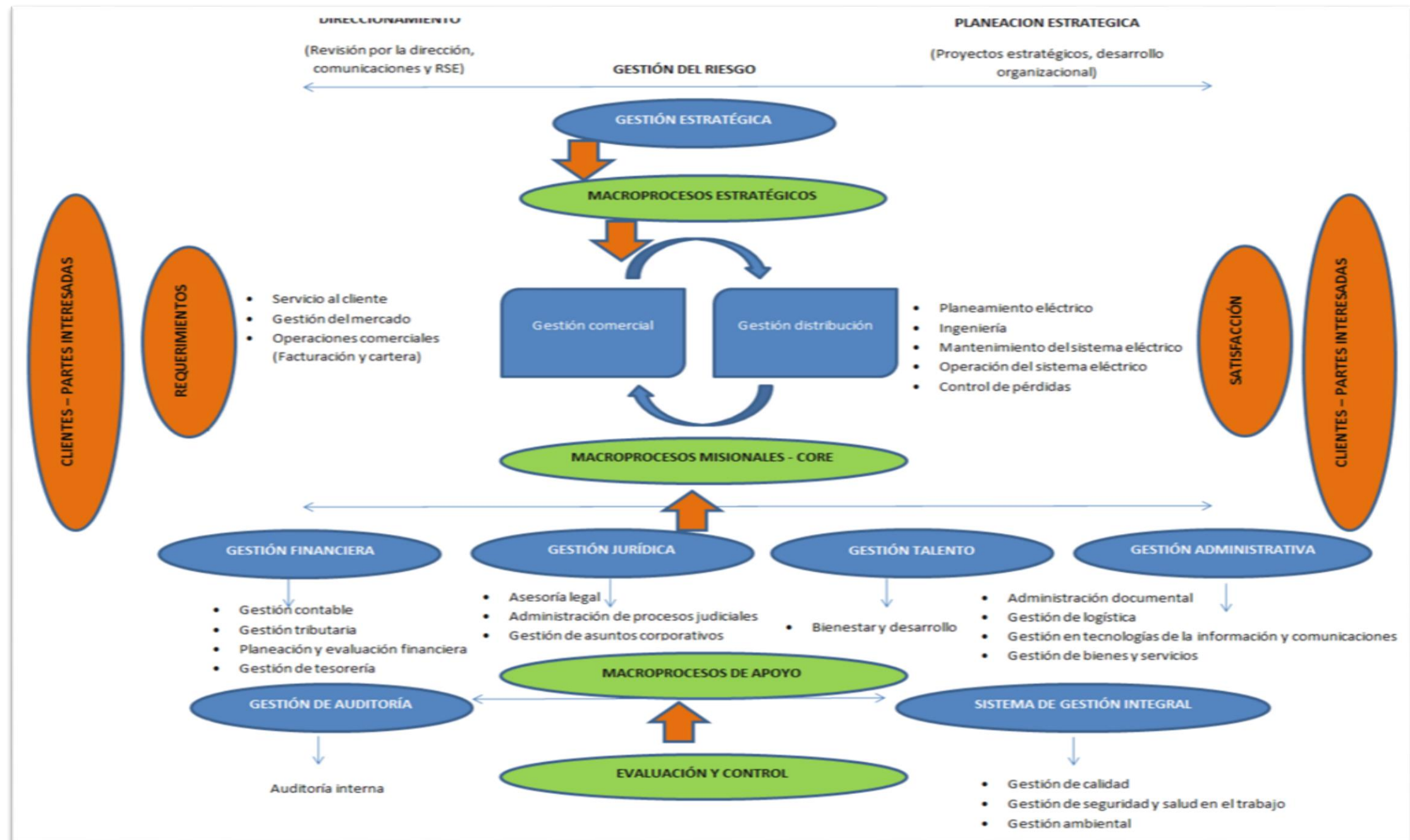
Figura 4. Mapa de procesos de EMSA ESP.



Fuente: (Electrificadora del Meta, 2015)

#### 2.1.1.2.7. Mapa estratégico.

La Figura 5 muestra una visión general de la estrategia de la EMSA ESP.

**Figura 5.** Mapa estratégico de EMSA.

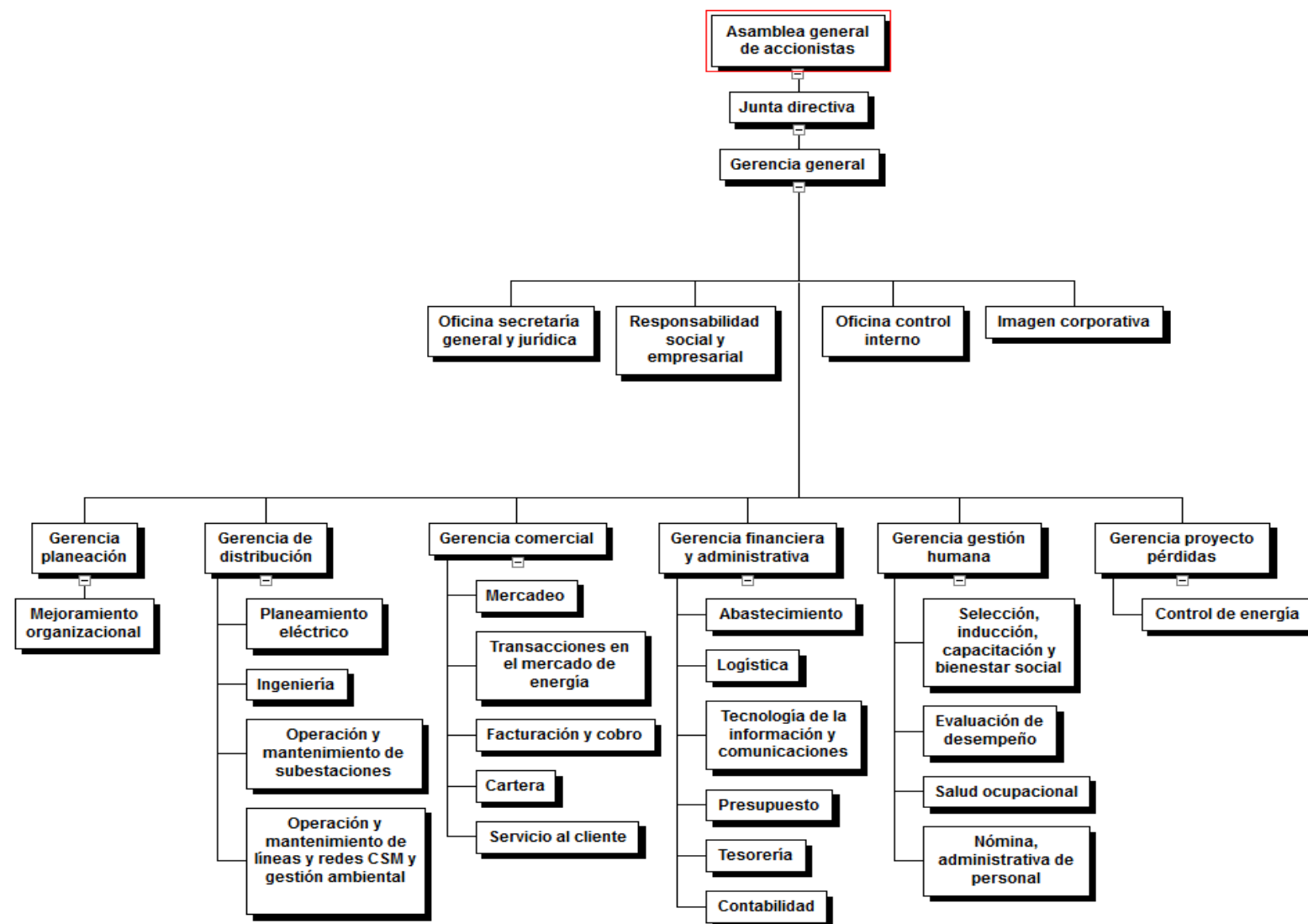
Fuente: (Electrificadora del Meta, 2015)



#### 2.1.1.2.8. Estructura organizacional.

La estructura de la Electrificadora del Meta está conformada por 6 gerencias y 4 procesos de apoyo como se muestra en la Figura 6.

**Figura 6.** Estructura organizacional de EMSA.



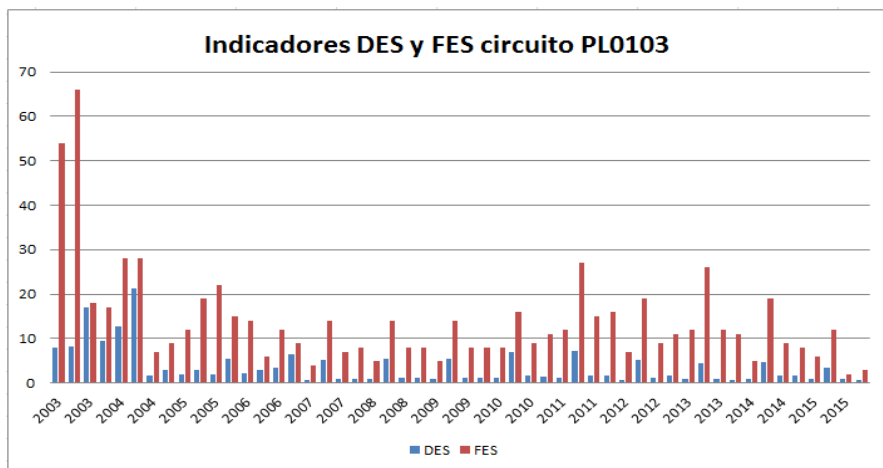
Fuente: (Electrificadora del Meta, 2015)

### 2.1.2. Análisis y descripción del proceso.

En el mantenimiento de las redes de distribución aplican todas las técnicas de mantenimiento existentes siendo las más utilizadas el mantenimiento preventivo y correctivo, dichas técnicas se aplican con el objetivo de presentar un mantenimiento oportuno para garantizar la continuidad en la prestación del servicio y preservar la vida útil de los equipos.

El operador de red del departamento del Meta ha dedicado sus esfuerzos al mantenimiento correctivo sobre la infraestructura y equipos del circuito PL0103, sin embargo los esfuerzos dedicados no son suficientes ya que aunque la tendencia de sus indicadores DES y FES ha ido a la baja durante el periodo 2003-2015 se requiere de su mejoramiento en busca de la excelencia. La tabla 2 muestra los indicadores DES y FES trimestrales, la Figura 7 muestra la tendencia de estos indicadores.

Figura 7. Tendencia Indicadores DES y FES circuito PL0103.



Fuente: Autores.

Tabla 2. Indicadores trimestrales DES y FES anuales circuito PL0103.

Empresa	Año	Trimestre	Código	Grupo	DES	FES
EMSA E.S.P.	2003	1	PL0103	3	8,07	54
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	8,27	66
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	17,05	18
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	9,55	17
EMSA E.S.P.	2004	1	PL0103	3	12,85	28
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	21,17	28
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,73	7
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	2,88	9
EMSA E.S.P.	2005	1	PL0103	3	1,98	12
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	2,9	19
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,87	22
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	5,45	15
EMSA E.S.P.	2006	1	PL0103	3	2,25	14
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	2,9	6
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	3,52	12
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	6,47	9
EMSA E.S.P.	2007	1	PL0103	3	0,77	4
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	5,2	14
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	0,97	7
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1	8
EMSA E.S.P.	2008	1	PL0103	3	0,88	5
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	5,5	14
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,1	8
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1,2	8
EMSA E.S.P.	2009	1	PL0103	3	0,88	5
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	5,5	14
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,1	8
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1,2	8
EMSA E.S.P.	2010	1	PL0103	3	1,2	8
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	7	16
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,74	9
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1,5	11
EMSA E.S.P.	2011	1	PL0103	3	1,3	12
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	7,3	27
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,6	15
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1,6	16
EMSA E.S.P.	2012	1	PL0103	3	0,8	7
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	5,2	19
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,3	9
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1,6	11
EMSA E.S.P.	2013	1	PL0103	3	0,82	12
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	4,4	26
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1	12
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	0,6	11
EMSA E.S.P.	2014	1	PL0103	3	0,84	5
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	4,6	19
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1,6	9
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	1,6	8
EMSA E.S.P.	2015	1	PL0103	3	0,82	6
EMSA E.S.P.		2	PL0103	3	3,5	12
EMSA E.S.P.		3	PL0103	3	1	2
EMSA E.S.P.		4	PL0103	3	0,6	3

Fuente: (SIU)

La Tabla 3 indica las interrupciones por año (Indicador FES) y la duración de dichas interrupción en horas (Indicador DES) igualmente se indican el número total de interrupciones y horas acumuladas para el periodo 2003-2015.

Tabla 3. Indicadores anuales DES y FES anuales circuito PL0103 Resumen.

<b>AÑO</b>	<b>DES</b>	<b>FES</b>
2003	42,94	155
2004	38,63	72
2005	12,2	68
2006	15,14	41
2007	7,94	33
2008	8,68	35
2009	8,68	35
2010	11,44	44
2011	11,8	70
2012	8,9	46
2013	6,82	61
2014	8,64	41
2015	5,92	23
<b>Total general</b>	<b>187,73</b>	<b>724</b>

Fuente: Autores.

La información existente referente a los indicadores DES y FES del circuito PL0103 cubre desde el 1 de enero de 2003 hasta el 31 de Diciembre de 2015, en este lapso se presentaron 724 interrupciones computables sobre el circuito con una duración de 187,73 horas debido a diferentes tipos de causa, la Tabla 4 indica las causas típicas sobre circuitos de distribución.

Tabla 4. Causas típicas sobre circuitos de distribución I

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE CAUSAS TÍPICAS
1	FALLA TRANSITORIA LÍNEA
2	FALLA TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN
3	RAMAS U OBJETOS SOBRE LÍNEAS BT
4	CAÑUELA QUEMADA
5	FALLA EQUIPO DE MANIOBRA RECONECTADOR
6	ACOMETIDA EN CORTO
7	DPS AVERIADO/QUEMADO
8	FALLA PROTECCIONES EN TRANSFORMADOR O EN LA RED
9	FALLAS EN AISLADORES DE O HERRAJES EN BT
10	AISLADOR AVERIADO
11	DAÑO EN PUENTE DE MEDIA TENSIÓN
12	CAÑUELA CAIDA
13	LÍNEA ATERRIZADA SOBRE LA CRUCETA
14	TORMENTA
15	DAÑOS EN HERRAJES EN ESTRUCTURA DE MT
16	FALLA POR TERCEROS
17	CAÑUELA SUELTA
18	CORTACIRCUITOS DAÑADOS
19	TEMPLETE SUELTO O REVENTADO MT
20	LÍNEA REVENTADA BT
21	TRANSFORMADOR BOTANDO ACEITE
22	TRANSFORMADOR EN CORTO
23	CUERDAS PRÓXIMAS A REVENTARSE EN BT
24	POSTE CAIDO EN BT
25	LÍNEA CAÍDA

Fuente: Autores.

Tabla 5. Causas típicas sobre circuitos de distribución II.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE CAUSAS TÍPICAS
26	TEMPLETE ENERGIZADO EN BT
27	CABLE ENERGIZADO
28	FALLA CONTROL Y/O PROTECCIONES LÍNEA
29	NEUTRO ENERGIZADO
30	TEMPLETE SUELTO O REVENTADO BT
31	CRUCE EN MAL ESTADO
32	ALUMBRADO PÚBLICO
33	POSTE INCLINADO EN BT
34	LÍNEA EN CORTO
35	CUERDAS FLOJAS
36	LÍNEA PROXIMA A REVENTARSE
37	FALLA INTERRUPTOR DE LÍNEA
38	FALLA INTERRUPTOR Y/O CELDA PROTECCIÓN TRANSFORMADOR
39	FALLA EQUIPO DE PATIO
40	REDISTRIBUCIÓN CARGA TRANSFORMADOR DE POTENCIA
41	TRANSFORMADOR QUEMADO
42	POSTE INCLINADO EN MT
43	CUERDAS PRÓXIMAS A REVENTARSE EN MT
44	FALLA CABLE DE GUARDA
45	FALLA EQUIPO DE MANIOBRA SECCIONADOR
46	PUENTE REVENTADO/ QUEMADO EN MT
47	RAMAS U OBJETOS SOBRE LÍNEAS MT
48	NEUTRO SUELTO
49	POSTE CAÍDO EN MT
50	LÍNEA DISTENSIONADA EN MT HASTA 100MTS
51	FALLA EN SUBESTACIÓN
52	FALLA TRANSFORMADOR DE POTENCIA
53	LÍNEA REVENTADA EN MT
54	TEMPLETE ENERGIZADO EN LÍNEA DE MT

Fuente: Autores.

Muchas de la interrupciones presentadas en circuitos de distribución son por causas desconocidas, las cuales se catalogan como “falla transitoria de línea”, esta causa no debe ser tomada en cuenta para el análisis modal de fallas y efectos AMFE.

El circuito PL0103 cuenta con 252 transformadores de distribución y una carga instalada de 11,5 MVA, que se ven afectados con cada interrupción del circuito según se muestra en la Tabla 5; considerando un factor de uso de la carga cuando ocurren las fallas del 40% según lo estipula el operador de red y con un valor promedio de \$380 pesos m/c para el kWh se tiene que en el año 2.015 el operador de red del Meta dejó de facturar alrededor de \$26.000.000 de pesos m/c entre los clientes asociados al circuito PL0103. Si extrapolamos este razonamiento a 5 años tendríamos más de \$ 120'000.000 de pesos dejados de facturar por causa de las interrupciones.

En la Figura 8 se relaciona la cantidad de usuarios urbanos y rurales que se ven afectados por la fallas en el circuito PL0103.

Figura 8. Clientes circuito PL0103.

Zona de Cliente	Estrato socioeconómico de clientes					
	1	2	3	4	5	6
<b>Urbano</b>	216	423	36	21	7	73
<b>Rural</b>	365	103	71	58	23	206
<b>Total</b>	582	528	110	83	35	285

Fuente: SIU

La gran mayoría de clientes rurales son clientes vulnerables que no tiene la capacidad de contar con un sistema de respaldo, por ello es indispensable prestarles un buen servicio.

Con el plan RCM se espera una reducción del 25% de las interrupciones del circuito de 13,2 kV PL0103 y con ello se mejore la prestación del servicio y los clientes se sientan cada vez más satisfechos.

### **2.1.3. Estado del arte**

Los modelos RCM sirven para relacionar los diferentes tipos de mantenimiento optimizando el recurso y determinando el tipo de mantenimiento que se debe implementar, para el circuito de 13,2 kV PL0103. Lo primero que se debe realizar es el diseño del plan, pasando por el diagnóstico del estado actual de la red, el proceso de ingeniería y finalmente la implementación tomando en consideración que no deben programarse cortes de energía prolongados, ni se puede dejar sin suministro a entidades públicas, de salud (hospitales) o asociadas al ministerio de defensa de la nación.

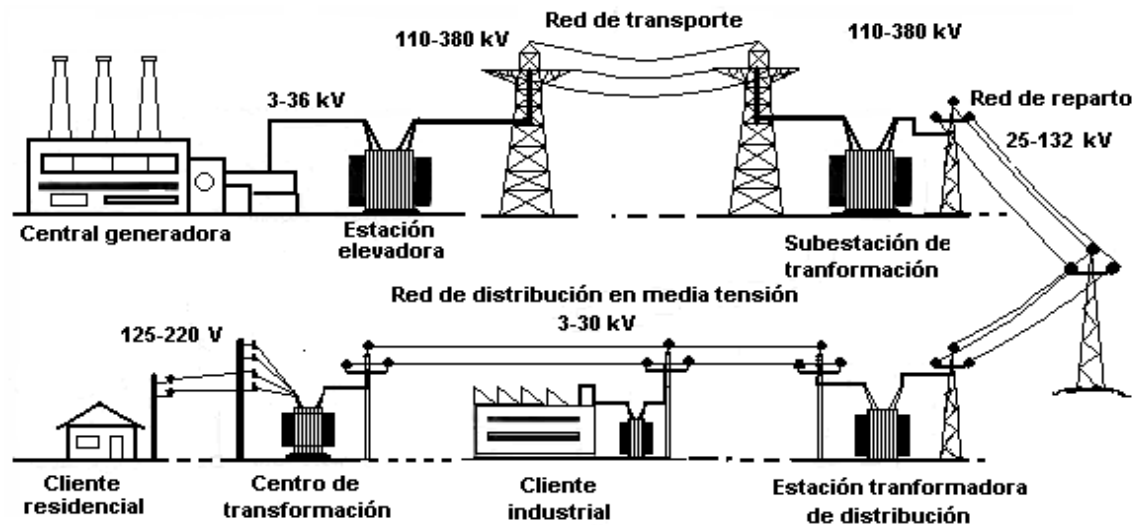
A continuación se describen características, conceptos y elementos del sistema eléctrico y el RCM.

#### ***2.1.3.1. Sistema eléctrico.***

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección, como se observa en la Figura 9 (Wikipedia, 2015).



Figura 9. Esquema de un sistema eléctrico.



Fuente: (Wikipedia, 2015)

### 2.1.3.2. Distribución y comercialización.

En la actualidad existen 17 compañías que tienen integrada distribución y comercialización; 7 que integran generación, distribución y comercialización; y 5 completamente integradas. Los 3 actores principales en materia de comercialización son Empresas Públicas de Medellín (EPM), Endesa (Codensa) y Gas Natural Fenosa (con Electricaribe y otras). Las Empresas que en la actualidad se encuentran registradas en el Sistema único de información se dan a continuación: (Wikipedia, 2015)

- CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.
- CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.
- CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. ESP

- CODENSA S.A. ESP
- COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S. ESP.
- COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULUÁ S.A. E.S.P.
- COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A E.S.P
- ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.
- ELECTRIFICADORA DEL CAQUETÁ S.A. ESP
- ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.
- ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.
- ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P.
- EMPRESA DE ENERGÍA DE ARAUCA
- EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A. ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE S.A. ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A.E.S.P.
- EMPRESA DE ENERGÍA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.
- EMPRESA DE ENERGÍA DEL PUTUMAYO S.A. ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.
- EMPRESA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL DEPARTAMENTO DEL  
GUAVIARE SA ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.
- EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.
- EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACIFICO S.A. E.S.P.
- EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A-E.S.P

- EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E E.S.P
- EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO E.S.P.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.
- RUITOQUE S.A. E.S.P.

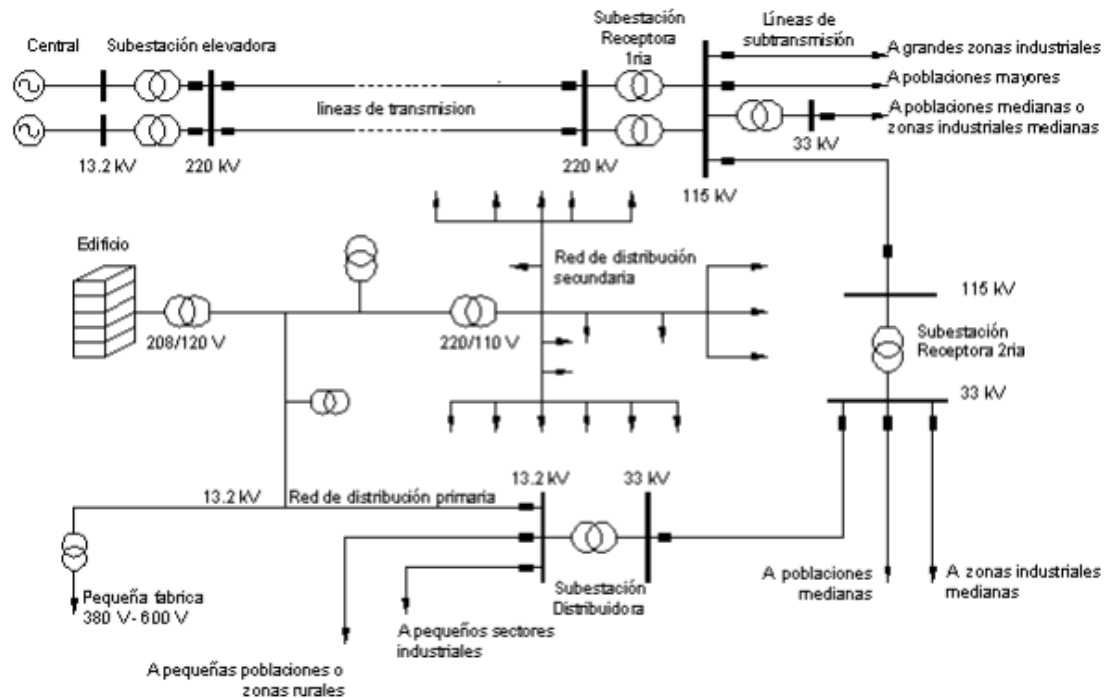
#### ***2.1.3.3. Sistemas de suministro eléctrico.***

Un sistema eléctrico de distribución de potencia comprende un conjunto de medios útiles para la generación, transformación, transmisión, distribución y uso final se encuentra conformado por mecanismos de control, seguridad y protección. (Castaño S., 2015)

Alrededor de 2/3 partes de la inversión en la totalidad del sistema de potencia se encuentran dedicadas a la distribución lo que implica un trabajo que debe ser planeado cuidadosamente en diseño, construcción y operación del sistema de distribución convirtiéndose en una tarea compleja. Es en ésta parte donde existen las mayores pérdidas de energía dado el volumen de elementos que lo conforman e igualmente a los bajos niveles de tensión manejados.

En la  
Figura 10 se encuentra un sistema de potencia donde el sistema de distribución está conformado como se indica.

Figura 10. Ubicación de sistemas de distribución dentro de un sistema de potencia



Fuente: (Castaño S., 2015).

#### 2.1.3.4. Tipos de mantenimientos.

Normalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, diferenciados entre sí por el carácter de las tareas que los constituyen: (Oliveira M.J., 2011, octubre)

##### *Mantenimiento correctivo.*

Conjunto de tareas destinadas a corregir defectos que se van presentando en los diferentes equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

*Mantenimiento preventivo.*

Tiene por misión mantener cierto nivel de servicio determinado en los equipos, programando cuando las intervenciones deben hacerse en sus puntos vulnerables y cuando sea más oportuno. Tiene un carácter sistemático lo que significa que se interviene aunque el equipo no haya evidencia tener un problema. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

*Mantenimiento predictivo.*

En éste caso informa permanentemente del estado y operatividad de los elementos mediante el conocimiento de los valores de diferentes variables, representativas de un cierto estado y operatividad. Para usar dicho mantenimiento, se hace necesario identificar variables físicas (vibración, temperatura, consumo de energía eléctrica, etc.) y que cuya variación muestre indicios de problemas que puedan estén apareciendo en el equipo. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

*Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*

El mantenimiento centrado en confiabilidad hace uso de los 3 tipos de mantenimiento orientado específicamente hacia la sistematización y ordenamiento de los elementos que constituyen el conjunto a evaluar, se analizan las fallas, la ocurrencia y los modos de las mismas a fin de hacer más eficiente el sistema sobre el cual se está aplicando, tal como se presentará en detalle más adelante. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

#### ***2.1.3.5. RCM en redes de distribución.***

Las características particulares de operatividad de los sistemas de distribución eléctrica, (topología, variación en la geografía, diversos sistemas de maniobra y protección) hace que se presente un elevado riesgo para que se presenten interrupciones en el suministro de energía eléctrica, además del competitivo ambiente en que las empresas hoy día se desenvuelven impone a éstas un enfoque estratégico en sus respuestas en cuanto a mantenimiento se refiere debido a que los aspectos económicos y técnicos relacionados a la calidad del servicio indican la innegable necesidad de aplicar estrategias de mantenimiento que sean capaces de prolongar la vida útil de los elementos críticos del sistema aumentando la confiabilidad del mismo.

La eficiencia en la aplicación de diferentes técnicas de mantenimiento son una poderosa herramienta en la mejora de la confiabilidad de un sistema eléctrico de distribución, dichos programas deben ser elaborados dependiendo de los requerimientos particulares del sector eléctrico y dependiendo de cada instalación en particular además que es recomendable usar una metodología que permita enfocar la atención en los sistemas con mayor índice de fallos para cierto periodo de tiempo mediante un análisis estadístico y económico considerando igualmente el estado operacional de cada componente (Reconectores, interruptores, seccionadores, bancos de condensadores, etc.) (Oliveira M.J., 2011, octubre)

La clave fundamental para definir el intervalo del mantenimiento radica en encontrar el punto de equilibrio que dé como resultado un costo mínimo operativo y de

mantenimiento para las redes del circuito conservando la confiabilidad del sistema en niveles aceptables.

El mantenimiento representa un porcentaje considerable de la inversión y costo de operatividad del sistema eléctrico de distribución y por ende se justifican los estudios requeridos a fin de determinar la clase y la frecuencia del mismo.

#### *2.1.3.5.1. Confiabilidad y mantenimiento.*

El objetivo primordial del mantenimiento es alcanzar la máxima duración en que un elemento, sistema o equipo es económicamente útil, en pocas palabras tiempo durante el cual es más económico operarlo que reemplazarlo siendo esto el resultado de técnicas analíticas de mantenimiento que permitirán definir el mayor grado de confiabilidad, funcionalidad y seguridad el mismo.

En el sector eléctrico la vida útil económicamente hablando de los sistemas eléctricos de distribución está ligada al estado de operatividad de los elementos que le constituyen, por ejemplo si un aislador se encuentra en malas condiciones es más barato reemplazarlo a través de un mantenimiento preventivo que afrontar las consecuencias del corte del fluido eléctrico, los costos sociales y las multas inherentes si éste llegara a fallar.

Tradicionalmente las estrategias estaban basadas en mantenimiento a intervalos fijos lo que es ineficiente dado los altos costos asociados al difícil control de la vida útil

de sus componentes, por este motivo nuevos métodos de mantenimiento se fueron desarrollando a través de los años con el propósito de encontrar el punto de equilibrio entre los costos necesarios para mantener un nivel aceptable de confiabilidad y los costos de mantenimiento del sistema. Los trabajos de mantenimiento en redes de distribución de energía se dividen en: (Oliveira M.J., 2011, octubre)

**Identificación de los Puntos críticos:** Análisis de los circuitos basado en el histórico de interrupciones, con el objetivo de determinar cuáles de estos circuitos presentan mayor cantidad de fallas, lo que permite generar un informe para priorizar las inspecciones de campo como por ejemplo el desenganche de un aislador cerámico sobre una estructura de 13,2 kV. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

**Programación del mantenimiento:** Realizada periódicamente en base a las experiencias de la empresa comercializadora mediante los análisis de las interrupciones e informes de cada inspección en terreno, las programaciones anuales son subdivididas en trimestres y luego mensualmente describiendo todos los servicios de mantenimiento a través de un cronograma establecido. La programación es la línea base para las actividades en el transcurso de ese periodo de tiempo lo que también puede estar atado a modificaciones según los imprevistos a que haya lugar por ejemplo la ruptura de un poste debido a un deslizamiento de tierra por lluvias que no cesan. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

**Mantenimiento de las redes de distribución:** Hace referencia al cambio de los elementos sobre la red a fin de conservar la integridad de esta, cambio de conductores,



equipos de protección (DPS, fusibles), aisladores, cambio de postes, cambio de piezas oxidadas, estas maniobras pueden ejecutarse en línea viva o desenergizada según sea el caso.

#### *2.1.3.5.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.*

El enfoque RCM considera aspectos de confiabilidad del sistema donde la condición especial de cada elemento es combinada con su propia importancia en la operación del sistema eléctrico de distribución, éste método no es el único pero permite comparar métodos existentes a fin de elegir el más rentable sin comprometer la confiabilidad del sistema eléctrico.

Al aplicar RCM a nivel de cada elemento lo que se desea es definir cuáles son los diferentes modos de falla y sus efectos, definiendo igualmente cómo las diversas acciones de mantenimiento afectan dichos mecanismos de falla, las etapas del mantenimiento centrado en confiabilidad son las siguientes etapas:

- a) Listado de todos los elementos con mayor criticidad y función establecida.
- b) Análisis de modo de falla de cada elemento establecido y los efectos de dicha falla, se requiere el análisis del historial de fallas y el cálculo del tiempo medio entre estas.
- c) Categorización de los efectos productos de fallas y definición de las tareas posibles de mantenimiento.
- d) Ejecución de las tareas de mantenimiento definidas.

- e) Evaluación del programa de mantenimiento incluyendo los costos asociados.

El RCM presenta diversas ventajas en relación a otras técnicas de mantenimiento.

- a) Reducción de las acciones correctivas.
- b) Eliminación de revisiones innecesarias con beneficios menores.
- c) Optimización en la frecuencia de las revisiones
- d) Mayor uso de la tecnología predictiva para la planificación correcta de los recursos.
- e) Disminución de las tareas innecesarias que pueden provocar fallas en los equipos
- f) Mejora sustancial en la relación costo-efectividad de las tareas rutinarias.
- g) Creación de bases de datos técnicas necesarias para la documentación los programas de mantenimiento.
- h) Agiliza procesos comunicativos y de conocimiento y trabajo en equipo.

#### *2.1.3.5.3. Confiabilidad de sistemas de distribución de energía y distribución de Weibull*

La función de *Weibull*, permite atribuir una función de distribución de probabilidad a la variable de interés, método muy útil en aquellos sistemas que son susceptibles a fallas según un número de maneras infinito, característico de los sistemas eléctricos de distribución, dado que la lógica indica que a medida que el tiempo pasa el deterioro sobre los elementos y equipos involucrados hace que aumenten las probabilidades de que estos fallen, por ésta razón es de suma importancia conocer ésta probabilidad que puede ser aproximada a través de la función mencionada. Para la determinación del

intervalo óptimo de mantenimiento se usa la función según la siguiente ecuación.

(Oliveira M.J., 2011, octubre)

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}}$$

Así mismo en la ecuación a continuación la función está dada por (Oliveira M.J., 2011, octubre):

$$F(t) = \int_0^t f(t') \cdot dt'$$

La confiabilidad  $R(t)$  se define como la probabilidad de que determinado elemento realice sus funciones sin que se presente fallas para un periodo de tiempo preestablecido, como se muestra en la ecuación y está definida como (Oliveira M.J., 2011, octubre):

$$R(t) = 1 - F(t)$$

La tasa de fallas  $\lambda(t)$  se define como la probabilidad condicional de que una falla específica ocurra en el intervalo de tiempo establecido entre  $t$  y  $t + \Delta t$  como se observa en la ecuación y está expresada como (Oliveira M.J., 2011, octubre):

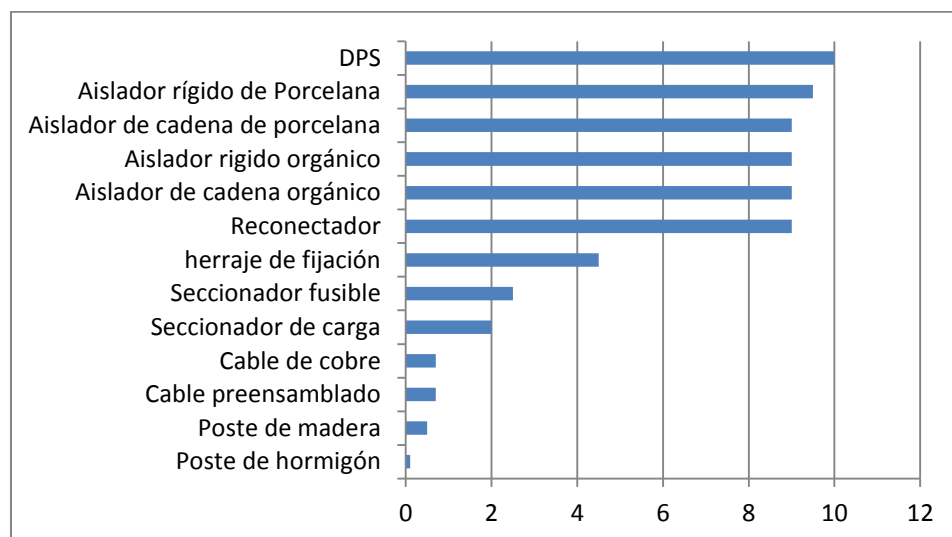
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Los sistemas eléctricos de media tensión operan generalmente permitiendo que un tramo de red en algunos casos sea alimentado desde diferentes puntos a través de maniobras en seccionadores, fusibles e interruptores.

#### 2.1.3.5.4. Determinación de los elementos críticos.

Un sistema de distribución se encuentra conformado por varios elementos cuya tasa de falla difiere uno del otro. Con base en los registros históricos, correspondientes a determinado periodo de tiempo, calculándose dichas tasas de falla, se determina el índice de impacto que tiene cada elemento en el sistema eléctrico de distribución analizado y que son finalmente seleccionados para que sean sometidos a RCM, según la Figura 11. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

Figura 11. Índice de impacto.



Fuente: (Oliveira M.J., 2011, octubre).

La correcta aplicación del RCM sobre circuitos de media tensión permite determinar el impacto de las fallas en cada uno de los elementos involucrados focalizando los esfuerzos de manera estratégica hacia cada los elementos que presentan mayor criticidad, dejando al mantenimiento correctivo solo para aquellos elementos que impacten en menor grado al circuito eléctrico tras una falla. (Oliveira M.J., 2011, octubre)

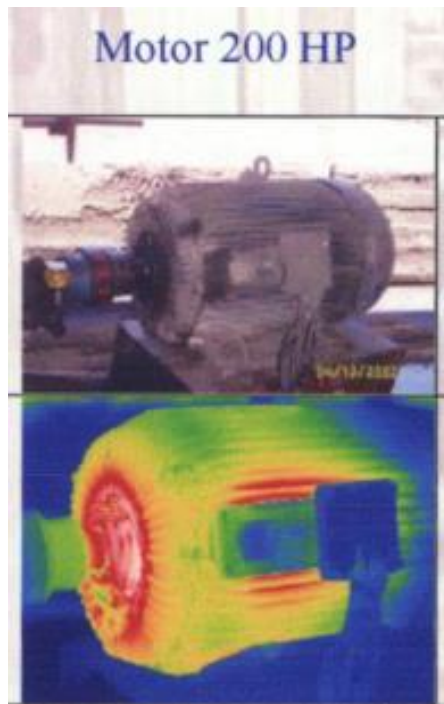
#### ***2.1.3.6. Dispositivos para la detección temprana de fallos.***

En el mercado existen gran variedad de equipos que incorporan cada día más ventajas de aplicación, software de avanzada que permiten un monitoreo amigable que son además fáciles de operar, se describen a continuación los equipos más relevantes utilizados en redes de distribución:

##### ***2.1.3.6.1. Cámara termográfica.***

Cámara infrarroja que permite el monitoreo de toda clase de maquinaria y equipos tal que sus condiciones de operación podrían generar temperaturas fuera de diseño como por ejemplo transformadores de energía, motores eléctricos, tableros eléctricos, aisladores, disyuntores, etc. con posibilidades de monitoreo rangos de temperatura de -40°C a 2.000°C +-2%, operación continua de 2 horas y un peso aprox. de 2kg, un ejemplo de las gráficas resultantes se aprecian en la Figura 12.

Figura 12. Imagen térmica motor 200 HP.



Fuente: (Técnico Científico, 2015).

#### *2.1.3.6.2. Analizador de calidad de energía.*

Suministra información de:

- a) Voltaje y fluctuaciones presentadas
- b) Frecuencia de Fluctuaciones
- c) Potencia
- d) Factor de Potencia

En la Figura 13 se muestra un analizador de calidad de energía.

Figura 13. Analizador de calidad de energía



Fuente: (Técnico Científico, 2015).

#### **2.1.4. Aplicación del estado del arte (Diseño conceptual del plan de RCM circuito PL0103).**

A continuación se describirá la fase de diagnóstico del plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

##### ***2.1.4.1. Diagnóstico.***

##### ***Planificación.***

A continuación se describe la planificación del plan RCM sobre el circuito PL0103.

- El operador de red proporcionará las estadísticas de falla del circuito PL0103 para el análisis de las causas de las interrupciones sobre el mismo, lo que permitirá realizar un análisis modal de fallos y efectos, junto a esto se realizará la recopilación de la información de la CREG referente a los indicadores de calidad del circuito PL0103 desde el año 2.003 hasta 2.015
- Se deberá determinar las estadísticas de intervenciones y determinación del plan de órdenes de trabajo de mantenimiento sobre el circuito PL0103.
- Es un requerimiento esencial realizar el inventario de equipos y elementos asociados al circuito PL0103 además del estado de los mismos lo que permitirá tener información de relevancia en la determinación de aquellos que sean críticos y deban intervenirse cuanto antes.
- Una vez realizado el inventario se debe determinar del tiempo de uso y tiempo de vida útil de los equipos y elementos del circuito.
- Se requiere plasmar la estrategia de ejecución y determinación del programa de mantenimiento específico, identificación de los elementos críticos y planeación del control del programa definido.
- Recursos técnicos, materiales, equipos y financiamiento para la intervención del plan RCM sobre el circuito PL0103.

*Documentación:*

A continuación se describe la documentación requerida para el plan RCM del circuito PL0103.



- Recopilación y consolidación de la ficha técnica de los elementos y equipos del circuito a fin de definir de manera exacta la descripción y características de funcionamiento de cada elemento y equipo del circuito PL0103.
- Consolidación de las plantillas de mantenimiento y manuales de operación actuales de los elementos y equipos entregados por el operador de red del Meta.
- Consolidación individual para cada equipo y elemento del historial de fallas y averías asociadas al circuito PL0103.
- Consolidación de solicitudes e informes de mantenimiento y órdenes de trabajo de mantenimiento actuales sobre el circuito PL0103 lo que permitirá determinar de manera exacta la cantidad de mantenimiento que el operador de red del Meta ha destinado a cada elemento y equipo del circuito PL0103.

#### ***2.1.4.2. Ingeniería.***

A continuación se describirá la fase de ingeniería del plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

##### *Definición de modelos para decisiones de reemplazo*

A continuación se describe la definición de modelos para decisiones de reemplazo.

- Se debe hacer la determinación de los elementos y equipos del circuito PL0103 que son susceptibles de reemplazo ya sea por cumplimiento en el tiempo de vida útil o por reemplazo preventivo.

- Determinación del costo del ciclo de vida de los elementos y equipos del circuito PL0103 según se expresa en la fórmula.

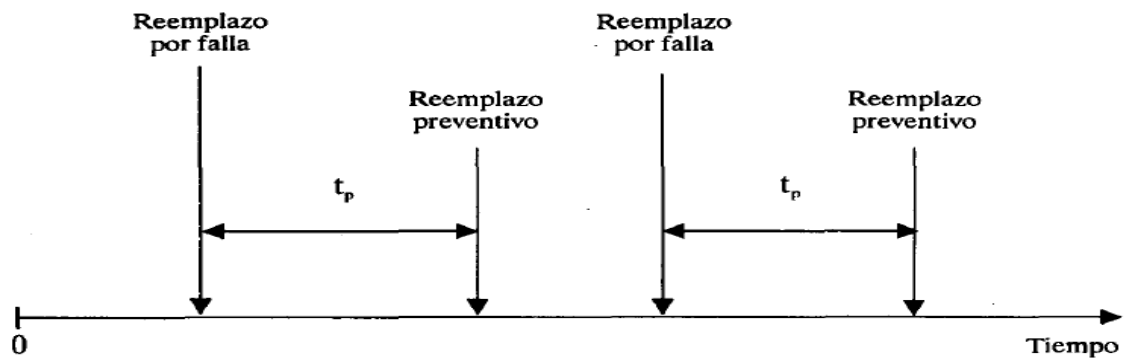
Costo esperado por unidad de tiempo.

$$UEC (tp) = \frac{\text{Costo total esperado por ciclo}}{\text{Longitud esperada del ciclo}}$$

Fuente: (Doffua, Raouf, & Dixon, 2000)

.La Figura 14 muestra los ciclos para reemplazo preventivo con base en la edad de un equipo o elemento.

Figura 14. Ciclos para reemplazo preventivo con base en la edad.



Fuente: (Doffua, Raouf, & Dixon, 2000).

- Es necesario realizar la determinación de los equipos y elementos susceptibles de reparación tomando en consideración los procedimientos descritos del manual de operación para uno.

*Definición de modelo para mantenimiento preventivo*

A continuación se describe la definición del modelo básico del mantenimiento preventivo a realizar.

- Definición de la cantidad necesaria de mantenimiento basado en la vida útil de los elementos y equipos del circuito PL0103 tomando en consideración la ficha técnica.
- Se debe realizar la definición de la periodicidad del mantenimiento recurrente que debe ejecutarse sobre los elementos y equipos del circuito PL0103.

.

*Definición del modelo de inspección.*

A continuación se describe la definición del modelo de inspección.

- Se debe realizar la determinación del programa óptimo de inspecciones de mantenimiento para el circuito PL0103.
- Determinación de la máxima utilidad para los elementos y equipos del circuito con un análisis profundo de la información disponible, estadísticas de falla y vida útil de los elementos
- Coordinación de inspecciones de mantenimiento.

*Mediciones y adquisición de datos.*

A continuación se describe la medición y adquisición de datos.

- Planeación del estudio de muestreo para el levantamiento de la información en campo donde se debe establecer la cantidad de estructuras asociadas, los elementos de aislamiento, elementos de protección y todos los equipos pertenecientes al circuito PL0103, así como su levantamiento topológico mediante una cuadrilla en terreno con el fin de poder disponer de la información en campo actual y el estado real de los elementos y equipos, junto a la información dada por el fabricante.
- Determinación y estandarización de datos una vez hayan sido recopilados en terreno para disponer de la información de forma fácil y rápida en la implementación del plan RCM.
- Determinación del número de inspecciones requeridas sobre cada elemento y equipo tomando en consideración tomando como base la información de fallas dada por el operador de red según se muestra en la Tabla 5, igualmente en el Anexo A indica los elementos que deben intervenir una vez aplicado el análisis modal de fallo y efectos AMFE para los elementos críticos.
- Informes y estimaciones comparativas para la generación de órdenes de mantenimiento.

#### *Pronósticos de la carga y capacidad de mantenimiento*

A continuación se describe el pronóstico y carga de mantenimiento para el circuito PL0103.

- Se realizará la determinación de la cantidad de mantenimiento requerido sobre los elementos y equipos del circuito PL0103, en base a los datos estadísticos de

fallas recopilados y juicio de expertos como instancia final. (Doffua, Raouf, & Dixon, 2000)

- Determinación del nivel deseado de eficacia para los elementos de la red en base a las necesidades de operación del operador de red para los elementos críticos, la eficacia dependerá de la buena planeación de las órdenes de mantenimiento apenas necesarias que le permitan al elemento o equipo funcionar la mayor cantidad de tiempo posible sin afectar la triple restricción del proyecto.
- Con base en la información del AMFE y el análisis de la duración de vida útil para cada elemento o equipo del circuito PL0103 se debe establecer los equipos, materiales y refracciones a utilizar.
- Se requiere igualmente de las herramientas de diagnóstico para la detección de fallas.

Ver numeral 2.1.3.6. Dispositivos para la detección temprana de fallos.

#### *Programación del mantenimiento*

A continuación se describe la programación del mantenimiento para el circuito PL0103.

- Determinación de las órdenes de trabajo de mantenimiento sobre el circuito PL0103 clasificando las prioridades en los trabajos sobre cada elemento o equipo y que refleje la urgencia o criticidad del trabajo, así mismo deberá disponerse de todos los

materiales y personal necesarios antes de efectuar las programaciones. (Doffua, Raouf, & Dixon, 2000)

### *Control del mantenimiento*

A continuación se describe el control del mantenimiento para el circuito PL0103.

- Control de los materiales y equipos, costo, inventarios y políticas de ordenamiento de los elementos utilizados en el plan de mantenimiento RCM, realizando un correcto almacenamiento, es decir almacenando los elementos o equipos únicamente cuando el riesgo de no contar con estos elementos sobrepase el costo de tenerlos en existencia para un periodo de tiempo definido, así mismo contar con la existencia de material de corta rotación requerido para las labores de mantenimiento. (Doffua, Raouf, & Dixon, 2000)
- Control mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo: Procesamiento de órdenes de trabajo mediante el control de la demanda de mantenimiento estipulando que trabajo debe ser realizado y cuando, aseguramiento de la calidad y diseño eficaz del programa, análisis de órdenes ejecutadas fuera del estándar establecido y normas de rendimiento y calidad, seguimiento a órdenes repetitivas, conservación de registros, aseguramiento del sistema de órdenes de trabajo y retroalimentación.
- Monitoreo de la productividad del sistema de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, emisión de informes, retroalimentaciones, capacitaciones y comparaciones de medidas.

- Control de calidad y los procesos del mantenimiento aplicado, diseño del programa de verificación e inspección sobre las operaciones programadas del plan RCM.
- Control de la calidad, definición de parámetros de calidad, mejoramiento y aseguramiento global de la calidad, reingeniería mejora continua.

#### *Adquisiciones.*

A continuación se presentan la etapa de adquisiciones.

- Contratación de *outsourcing* para adquisiciones de los elementos y equipos necesarios para el plan RCM.
- Solicitud y requerimiento de compras previa validación del gestor del contrato designado por el operador de red del Meta
- Selección de los proveedores.
- Órdenes de compra
- Seguimiento e informe de las adquisiciones.

#### ***2.1.4.3. Implementación.***

A continuación se presenta la etapa de implementación del plan RCM para el circuito PL0103.

#### *Capacitaciones.*

- Socialización del modelo RCM con todo el personal del proyecto RCM

- Se deben realizar capacitaciones en nuevas tecnologías de mantenimiento a fin de contextualizar el plan RCM que desea implementarse en el circuito PL0103 así mismo deben darse las correspondientes instrucciones de procesos.

*Seguimiento al modelo de implementación de RCM.*

- Registro de fallas y uso de la información capturada para cada uno de los equipos del circuito PL0103 mediante los registros de información entregados periódicamente por el operador de red del Meta durante la ejecución del Plan RCM para lograr la identificación de las nuevas causas de falla en los elementos y equipos del circuito PL0103 durante la ejecución.
- Selección de las tareas de mantenimiento más efectivas y rentables donde se monitorean todas y cada una de las órdenes de trabajo mientras se está ejecutando el plan RCM tomando en consideración los elementos y equipos más críticos del circuito.

*Programación del mantenimiento.*

- Generación de órdenes de trabajo para mantenimiento predictivo, consolidación de termografías y ultrasonido, elementos y equipos para la detección temprana de fallo y análisis de la información para el análisis modal de fallos y efectos de los elementos durante la ejecución del plan RCM.
- Generación de órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo y correctivo, programación del mantenimiento de los equipos y elementos, inspecciones cíclicas y periódicas, mantenimiento sobre los elementos críticos, trabajos previstos de



mantenimiento, reparaciones de estructuras averiadas, sustitución de equipos quemados o averiados, reparaciones sobre las redes averiadas, control de calidad de los trabajos ejecutados.

*Control de calidad durante la implementación.*

- Establecimiento de responsabilidades de cada uno de los integrantes del proyecto RCM para el aseguramiento de la calidad.
- Círculo de calidad y retroalimentación con todo el personal involucrado por parte del director del proyecto PM.
- Validación de órdenes de trabajo en campo mediante auditorías internas.
- Almacenamiento y seguimiento de órdenes de trabajo para la validación del cumplimiento.
- Uso como guía de los manuales de operación de los elementos y equipos de la red.
- Seguimiento, gestión y uso de los materiales.

*Seguimiento a resultados.*

Estándares de tiempo, estimación por cada una de las tareas de mantenimiento, registros y retroalimentación, reentrenamiento en los procedimientos de actuación. A continuación como se muestra en la Tabla 6 se encuentran las causas típicas superiores al 1% de la totalidad de los fallos asociados al circuito PL0103.

Tabla 6. Causas típicas de falla superiores al 1% circuito PL0103.

DESCRIPCIÓN DE CAUSAS TÍPICAS	CANT.	%	% Acum.
FALLA TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN	50,68	7,00%	7,00%
RAMAS U OBJETOS SOBRE LÍNEAS BT	43,44	6,00%	13,00%
CAÑUELA QUEMADA (CAUSA)	36,2	5,00%	18,00%
FALLA EQUIPO DE MANIOBRA RECONECTADOR	32,58	4,50%	22,50%
ACOMETIDA EN CORTO (CAUSA)	28,96	4,00%	26,50%
DPS AVERIADO/QUEMADO	27,512	3,80%	30,30%
FALLA PROTECCIONES (TRAFO/RED)	26,788	3,70%	34,00%
FALLAS EN AISLADORES DE O HERRAJES EN BT	25,34	3,50%	37,50%
AISLADOR AVERIADO	23,168	3,20%	40,70%
DAÑO EN PUENTE DE MEDIA TENSIÓN	21,72	3,00%	43,70%
CAÑUELA CAÍDA (CAUSA)	19,548	2,70%	46,40%
LÍNEA ATERRIZADA SOBRE LA CRUCETA	16,652	2,30%	48,70%
DAÑOS EN HERRAJES EN ESTRUCTURA DE MT	15,204	2,10%	50,80%
CAÑUELA SUELTA (CAUSA)	14,48	2,00%	52,80%
CORTACIRCUITOS DAÑADOS	14,48	2,00%	54,80%
TEMPLETE SUELTO O REVENTADO MT	14,48	2,00%	56,80%
LÍNEA REVENTADA BT	13,756	1,90%	58,70%
TRANSFORMADOR BOTANDO ACEITE	13,032	1,80%	60,50%
TRANSFORMADOR EN CORTO	13,032	1,80%	62,30%
CUERDAS PRÓXIMAS A REVENTARSE EN BT	12,308	1,70%	64,00%
POSTE EN BT	11,584	1,60%	65,60%
TEMPLETE ENERGIZADO EN BT	10,86	1,50%	67,10%
FALLA CONTROL Y/O PROTECCIONES LÍNEA	8,688	1,20%	68,30%
TEMPLETE SUELTO O REVENTADO BT	8,688	1,20%	69,50%
POSTE INCLINADO EN BT	7,964	1,10%	70,60%

Fuente: Autores.

Tomando en consideración que estas causas de fallo representan alrededor del 70% de la totalidad sobre el circuito PL0103 surge la necesidad de asociar dichas causas a los

elementos del circuito que serán sujetos del análisis modal de fallos y efectos (A.M.F.E) como se indica en la Tabla 6.

El análisis modal de fallos y efectos del circuito de 13,2 kV PL0103 permitirá establecer los modos de falla y su impacto en la confiabilidad del circuito, los índices de probabilidad de riesgo más altos merecen la mayor atención y deben considerarse como prioritarios una vez sea implementado el plan RCM sobre el circuito PL0103, así mismo la actualización de los datos y el seguimiento correspondiente es responsabilidad de la empresa contratista delegada por el operador de red para ejecutar el plan RCM. Finalmente se espera una mejoraría mínima del 25% en los indicadores de calidad DES y FES de circuito.

A continuación se indica en la Tabla 7, la probabilidad de ocurrencia de falla.

Tabla 7. Probabilidad de ocurrencia de falla.

Probabilidad de falla	Probabilidad de falla	Puntuación
Muy alta: La falla es casi inevitable.	>1 in 2	10
	1 in 3	9
Alta: Repetitividad en la falla.	1 in 8	8
	1 in 20	7
Moderada: fallas ocasionales	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2.000	4
Baja: Pocas fallas	1 in 15.000	3
	1 in 150.000	2
Remota: Fallas casi nulas	<1 in 1'500.000	1

Fuente: (LehighUniversity, 2016).

De la misma manera se requiere conocer la facilidad con la que la falla o fallas son detectadas o detectabilidad de la falla, a continuación en la Tabla 8 se muestra la puntuación establecida.

Tabla 8. Detectabilidad de la falla.

<b>Detección</b>	<b>Probabilidad de detección del sistema de control</b>	<b>Puntuación</b>
Absolutamente incierta	Sistema de control no podrá detectar la causa potencial ni los modos de falla.	10
Muy remota	Sistema de control muy remotamente podrá detectar la causa potencial y los modos de falla.	9
Remota	Sistema de control remotamente podrá detectar la causa potencial y los modos de falla.	8
Muy baja	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad muy baja.	7
Baja	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad baja.	6
Moderada	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad moderada.	5
Altamente moderada	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad altamente moderada.	4
Alta	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad alta.	3
Muy alta	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad muy alta.	2
Casi segura	Sistema de control podrá detectar la causa potencial y los modos de falla con una probabilidad casi segura.	1

Fuente: (LehighUniversity, 2016)

La severidad de la falla es un factor fundamental en el análisis modal de fallos y efectos.

A continuación se indica la escala de severidad en la Tabla 9.

Tabla 9. Severidad del efecto de falla.

<b>Efecto</b>	<b>Severidad del efecto de falla</b>	<b>Puntuación</b>
Peligroso, sin advertencia	Muy alta severidad donde un potencial modo de falla afecta la seguridad de operación del sistema sin advertencia.	10
Peligroso, sin advertencia	Muy alta severidad donde un potencial modo de falla afecta la seguridad de operación del sistema con advertencia.	9
Muy alto	Sistema inoperativo con falla destructiva sin comprometer la seguridad.	8
Alto	Sistema inoperativo con daño a los elementos	7
Moderado	Sistema inoperativo con daño moderado a los elementos.	6
Bajo	Sistema inoperativo sin daño a los elementos.	5
Muy bajo	Sistema operativo con degradación significativa a los elementos.	4
Menor.	Sistema operativo con algo de degradación a los elementos.	3
Muy menor	Sistema operativo con interferencia mínima.	2
Ninguna	Sin efecto.	1

Fuente: (LehighUniversity, 2016)

A continuación se presenta la tabla de análisis modal de fallos y efectos del circuito PL0103 donde se analizan los elementos principales del circuito PL0103 asociados a las causas típicas de fallo que representan alrededor del 70% de los fallos totales sobre éste. Ésta importante herramienta servirá de guía durante la etapa de implementación del proyecto RCM del circuito PL0103, el éxito del programa dependerá de su correcta aplicación una vez inicie el plan. Ver Anexo A. Análisis modal de fallos y efectos circuito PL0103.

## 2.2. Sostenibilidad

En el siguiente apartado se presenta la sostenibilidad que presenta el proyecto en su desarrollo.

### **2.2.1. Objetivo del plan.**

Presentar la sostenibilidad para el proyecto “Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103” que beneficiará a 1.627 clientes en las veredas La Balsa, San Pablo, Güichera, Puerto Porfía, Puerto Tembleque, Bocas de Guayaría, Río Negro, Pachaquiario del municipio de Puerto López (Meta), de tal manera que se observe el equilibrio del proyecto.

### **2.2.2. Resumen sostenibilidad del proyecto.**

La sostenibilidad en el proyecto “Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103”, es fundamental y relevante tanto o más que cualquiera de sus fases, es importante tomar en consideración que dado a que el uso de recursos energéticos, papel y demás son cruciales para el desarrollo del proyecto lo es también velar por que los impactos ecológicos sean acordes a la envergadura de la operación, el cálculo del eco-indicador 99 plantea una interesante herramienta en la medición del impacto de éstas variables, el cálculo de la huella de carbono mediante análisis del ciclo de vida del proyecto muestran de forma clara y concisa las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, el estándar P5 permite evaluar los impactos desde la perspectiva de las personas, el planeta, el beneficio económico, los procesos y productos y el análisis PESTLE define el entorno de operación del proyecto lo que permitirá tomar las decisiones más acertadas en cuanto a sostenibilidad refiere.

#### ***2.2.2.1. Exclusiones.***

No se requerirá seguimiento a la sostenibilidad del proyecto por parte de los elaboradores del plan RCM una vez iniciada la ejecución del proyecto, el mismo estará a cargo del operador de red del Meta EMSA ESP.

#### ***2.2.2.2. Descripción del proyecto.***

El proyecto consiste en realizar una propuesta para un plan RCM en el circuito PL0103 de 13,2 kV de tal manera que se realice el diagnóstico, la ingeniería (estudios), y los diseños para su posterior implementación y seguimiento por parte del operador de red del Meta para mejorar la calidad del servicio a los clientes asociados al circuito. El diagnóstico.

#### ***2.2.3. Análisis del entorno.***

A continuación se realizará una breve descripción del entorno del proyecto

##### ***2.2.3.1. Ubicación geográfica.***

El municipio tiene una extensión total de 6.898 km<sup>2</sup>. La principal vía de acceso es a través de la carretera que la une a Villavicencio. Se comunica igualmente con toda la extensión de los Llanos Orientales a través del río Meta y con Venezuela a través del río Orinoco. La mayor parte del municipio se ubica en zonas donde el promedio de la

temperatura está entre los 26 °C y 26.5 °C, siendo febrero y marzo los meses más cálidos con valores entre los 27 °C y 28 °C y junio y julio los más fríos con valores promedios de 24 °C. Las temperaturas máximas absolutas han superado los 39.4 °C y las mínimas absolutas han descendido hasta los 14 °C. (Wikipedia, Puerto López, 2016)

**Ambiental:** En el municipio de Puerto López la temporada invernal es muy marcada y dificulta mucho la labor.

**Cultural:** Debido a la temperatura ambiente del municipio su cultura es muy dependiente del servicio de energía eléctrica para el funcionamiento de equipos de refrigeración e enfriamiento.

#### ***2.2.3.2. Análisis PESTLE.***

A continuación se presenta la matriz PESTLE que define el análisis del entorno del proyecto. Ver Anexo B. Análisis PESTLE Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103.

A continuación se relacionan las recomendaciones por cada uno de los aspectos evaluados en la matriz PESTLE.

##### ***a) Político***

Se hace necesario el apoyo de la alcaldía y juntas de acción comunal para hacer la socialización del proyecto a todos los clientes beneficiados.



*b) Económico*

El proyecto debe exigir que los precios ofertados deben ser sostenidos, es decir los oferentes deben tener en cuenta el riesgo de variación de precios e inflación en su cotización.

*c) Social*

Se debe buscar la menor cantidad de cortes del servicio a los clientes, mediante operaciones en línea viva, o cortes cortos y en horarios no traumáticos.

*d) Tecnológico*

Establecer la obligación de equipos con tecnología de punta.

*e) Legal*

Las políticas del contrato deben ser claras y bien establecidas para que el contrato no tenga contratiempo en alcance, tiempo, costo ni calidad.

*f) Ambiental*

Exigir y hacer cumplir estándares ambientales, con metodología y técnicas amigables con el medio ambiente y generar conciencia de reciclaje en la comunidad.

2.2.3.3. Análisis de involucrados.

A continuación se presentan la Tabla 10 análisis de involucrados en el proyecto RCM para el circuito de 13,2 kV La Balsa.

Tabla 10. Análisis de involucrados

GRUPOS	SUBGRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS
Población Rural Municipio Puerto López, alimentados por el Circuito 13,2 kV La Balsa.		Mejorar la calidad del servicio.	Interrupción del servicio, fluctuación constante del servicio, daño electrodomésticos e inseguridad en la zona.	R: Puesta a Punto Plan RCM
		Seguridad en las noches en las calles.		
Sector Residencial, Comercial, Industrial, ganadero y turístico.		Mejorar la calidad del servicio y desarrollo de la zona	Interrupción del servicio, fluctuación del servicio, daño equipos eléctricos y electrónicos, baja inversión en la región por parte del sector privado.	M: Intereses Comerciales y de expansión económica.
Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG		Lograr que el servicio público de energía eléctrica sea prestado al mayor número posible de usuarios.	Índices de calidad deficientes del circuito PL0103, operador de red del Meta.	M: Intereses de reconocimiento como ente regulador eficiente.
Empresa Electrificadora del Meta EMSA ESP.		Reducir los costos de mantenimiento por concepto de fallas de la red de 13,3 kV circuito PL0103.	Continuos reportes de interrupción del servicio en el municipio de Puerto López y bajos indicadores DES y FES.	R: Conocimiento, datos estadísticos de la problemática.
		Mejorar el control de pérdidas de energía sobre el circuito.		M: Aprobación e implementación final.
Empresa Contratista (Tercerización proceso)	Gerencia y Administración	Ejecutar parte correctiva del proyecto y generar rentabilidad y seguridad, controlar costos.	Incumplimiento de los términos del proyecto. Control de costos del proyecto y alcance.	R: Toma de decisiones. Conocimiento, Habilidades
				M: Cumplimiento, responsabilidad, seguridad
	Ingeniero residente	Controlar el gasto de material de la parte correctiva del proyecto.	Inestabilidad laboral, corto periodo de contratación.	R: Conocimiento, Actitud
		Revisar la buena instalación de la obra.		M: Cumplimiento, control y responsabilidad
	Trabajadores de Obra	Mejores condiciones de trabajo.	Inestabilidad laboral, corto periodo de contratación.	R: Mano de Obra
		Generar ingresos		M: Interés laboral.

Fuente: Autores.

### 2.2.3.4. Matriz de dependencia influencia.

A continuación vemos en la Tabla 11 la interrelación entre las diferentes variables políticas, económicas, sociales, tecnológicas, legales, y ambientales del proyecto.

Tabla 11. Matriz de dependencia influencia

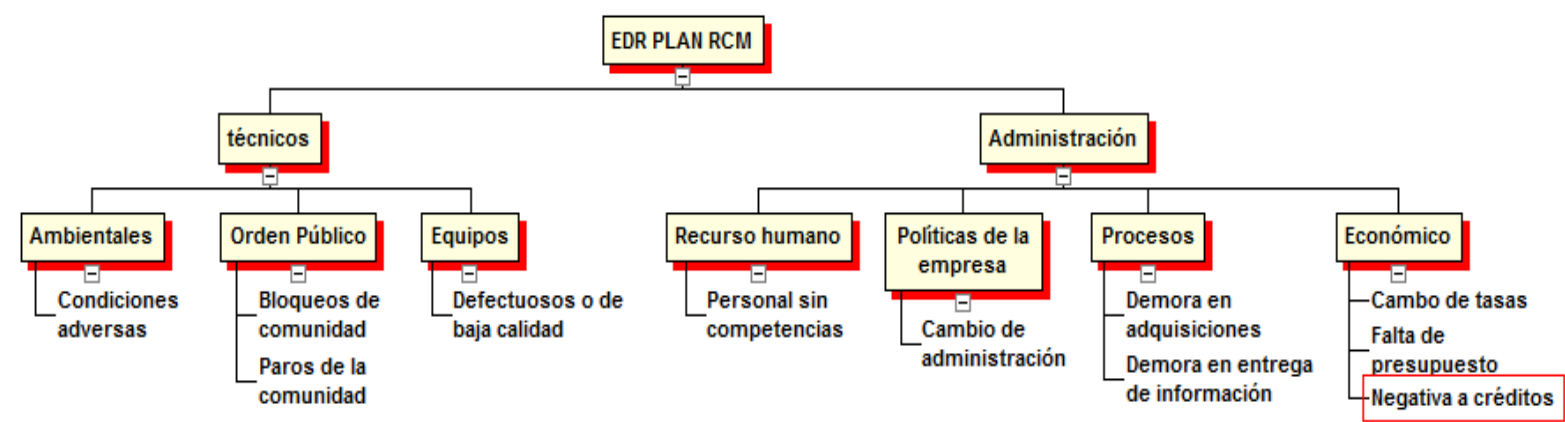
Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1 Políticas de EMSA ESP.	N/A	2	3	0	3	0	2	1	2	3	16
2 Condiciones de mercado del sector	2	N/A	1	1	2	1	2	3	3	0	15
3 Calidad del talento humano	3	1	N/A	0	1	2	3	3	3	0	16
4 Propiedades privadas acceso limitado	0	1	0	N/A	1	0	0	1	0	1	4
5 Necesidad del servicio de energía en el sector	3	2	1	1	N/A	1	3	3	2	0	16
6 Servicio de salud del municipio	0	1	2	0	1	N/A	2	3	3	0	12
7 Desarrollo tecnológico	2	2	3	0	3	2	N/A	2	3	0	17
8 Incidencia de grupos al margen de la ley.	1	3	3	1	3	3	2	N/A	1	3	20
9 Legislación del municipio	2	3	3	0	2	3	3	1	N/A	2	19
10 Zonas verdes y reservas del municipio	3	0	0	1	0	0	0	3	2	N/A	
Total dependencia	16	15	16	4	16	12	17	20	19	9	

Fuente: Autores.

2.2.4. Estructura de desagregación del riesgo.

A continuación se observa la Figura 15 estructura de desagregación del riesgo del proyecto.

Figura 15. Estructura de desagregación del riesgo.



Fuente: Autores.

#### ***2.2.4.1. Matriz de registro de riesgos.***

A continuación se presenta la Ver Anexo C. Identificación de riesgos.

#### ***2.2.4.2. Análisis cualitativo y cuantitativo.***

Con el objetivo de priorizar los riesgos considerando los más importantes y que pueden impactar en gran proporción el proyecto, se realizó el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos identificados.

##### ***2.2.4.2.1. Análisis cualitativo de Riesgos.***

En el Anexo D. Análisis cualitativo de riesgos, se presenta el análisis cualitativo de los riesgos identificados para el proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

El resultado del análisis cualitativo indica 6 riesgos principales a los cuales se les realizará el análisis cualitativo.

##### ***2.2.4.2.2. Análisis cuantitativo riesgos.***

En la Tabla 12 se presenta el análisis cualitativo de los principales riesgos del proyecto.

Tabla 12. Análisis cuantitativo de riesgos

REGISTRO DE RIESGOS ANÁLISIS CUANTITATIVO									
Id Supuesto	Id Riesgo	PAQUETE DE TRABAJO	OPORTUNIDAD/ AMENAZA	RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO TIEMPO (Días)	IMPACTO COSTO (Pesos)	EMV TIEMPO (Días)	EMV COSTO (PESOS)
11	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas	40%	30	9.400.000,00	12	\$3.760.000,00
10	a	Iniciación	Amenaza	Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.	10%	16	7.500.000,00	1,6	\$750.000,00
4	a	Ejecución	Amenaza	No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.	25%	12	5.650.000,00	3	\$1.412.500,00
8	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	No gestionar un cambio de forma adecuada.	10%	8	6.800.000,00	0,8	\$680.000,00
6	a	Diagnóstico-Ejecución-Seguimiento.	Amenaza	La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.	40%	15	8.500.000,00	6	\$3.400.000,00
2	c	Diagnóstico	Oportunidad	Realizar un estudio que supere los requerimientos	50%	0	- 2.750.000,00	0	\$1.375.000,00
<b>TOTAL EMV</b>								<b>23,4</b>	<b>\$8.627.500,00</b>

Fuente: Autores.

De la los datos anteriores, se destaca que el proyecto debe incluir una reserva de contingencia de \$10.002.500, ya que sí se materializan los riesgos y se presenta el peor de los casos durante la ejecución del proyecto este es el presupuesto que se debe tener en reserva para sacar a flote el proyecto.

#### **2.2.4.3. Matriz P5.**

En el Anexo E. Matriz P5, se desarrolla la Matriz P5, que presenta la sostenibilidad social, ambiental y económica del proyecto.

#### **2.2.5. Ciclo de vida y ecoindicadores.**



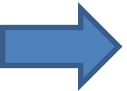
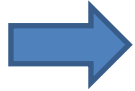
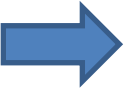
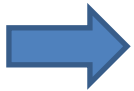
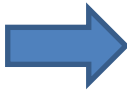

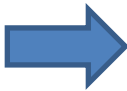
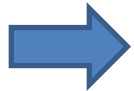
Los Eco-Indicadores son números que indican el impacto ambiental total del proyecto. Con ésta herramienta se puede analizar los pesos ambientales para para el proyecto durante su ciclo de vida. Durante el uso de los recursos en el proyecto se produce un impacto ambiental dado que en su ciclo de vida se suele consumir energía o materiales. En éste caso se requiere validar el impacto ambiental sobre el proyecto con lo cual se hace necesario estudiar todas las etapas de su ciclo de vida. El análisis ambiental para todas las fases del ciclo de vida del proyecto se denomina como Análisis del Ciclo de Vida (*LCA* o *Life Cycle Assessment*).

#### ***2.2.5.1. Análisis ciclo de vida del proyecto.***

A continuación se realizará el cálculo de la huella de carbono iniciando con el análisis del ciclo de vida y análisis con el eco-indicador 99 tal como se muestra en la Tabla 13 para denotar el impacto de las variables.



Tabla 13. Análisis del ciclo de vida etapa de diagnóstico.

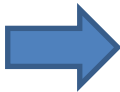

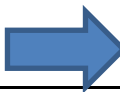
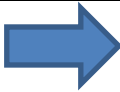
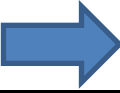
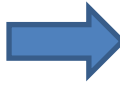
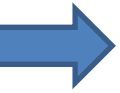

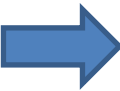
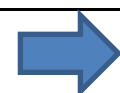
DIAGNÓSTICO 74 DÍAS DE OPERACIÓN.					
<b>Papel 180 kg</b> , cantidad requerida aproximada en el levantamiento de información requerida para el proyecto 80 Resmas de papel aproximadamente.		Análisis de información	Levantamiento de información del circuito	Condición real del circuito	 Papel de desecho
<b>Electricidad, iluminación 360 kWh</b> , consumo promedio en oficinas para ésta fase dedicadas a éste tipo de proyectos en EMSA ESP.		Análisis modo de falla	Equipos de operación		Calor
<b>Equipos de cómputo y sistemas de información 540 kWh</b> , 6 equipos de cómputo portátiles, servidor Base de datos, Impresora Multifuncional, fax, Vídeo Beam, Router, terminales portátiles. Consumo promedio en oficinas dedicadas a éste tipo de proyecto en EMSA ESP.		Indicadores de calidad	Equipos de protección		Residuos sólidos
<b>Transporte 168,75 gl de gasolina</b> se estima la utilización de 5 motocicletas una para cada funcionario de vínculo en la recolección de datos, levantamientos topológicos y seguimiento a toda la red del circuito La Balsa en la ésta fase del proyecto con un consumo diario de 0,75 Galones de gasolina por motocicleta.		Análisis causas de interrupciones	Materiales de aislamiento		CO <sub>2</sub>
<b>Agua 45 m<sup>3</sup></b> , consumo promedio en ésta fase en oficinas dedicadas a éste tipo de proyectos en EMSA ESP, 14 personas.			Estructuras		Agua residual

Fuente: Autores.

Seguidamente se realiza el análisis del ciclo de vida para la etapa de ingeniería como se muestra a continuación en la

Tabla 14:










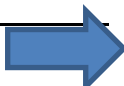
Tabla 14. Análisis del ciclo de vida etapa de ingeniería

<b>Papel 771 kg</b> , cantidad requerida aproximada en el levantamiento de información requerida para el proyecto 80 Resmas de papel aproximadamente.		<b>INGENIERÍA. 43 DÍAS DE OPERACIÓN</b>		Papel de Desecho	Papel de Desecho
<b>Electricidad, iluminación 432 kWh</b> , consumo promedio en oficinas para ésta fase dedicadas a éste tipo de proyectos en EMSA ESP.		Diseño Plan RCM		Calor	Calor
<b>Equipos de cómputo y sistemas de información 648 kWh</b> , 6 equipos de cómputo portátiles, servidor Base de datos, Impresora Multifuncional, fax, Vídeo Beam, Router, terminales portátiles. Consumo promedio en oficinas dedicadas a éste tipo de proyecto en EMSA ESP.		Alcance de la solución		Residuos sólidos	Residuos sólidos
<b>Transporte 28,35 gl de gasolina</b> se estima la utilización de 5 motocicletas una para cada funcionario de vínculo en la recolección de datos, levantamientos topológicos y seguimiento a toda la red del circuito La Balsa en la ésta fase del proyecto con un consumo diario de 0,75 Galones de gasolina por motocicleta.		Recursos		CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Agua 7,5 m<sup>3</sup></b> , consumo promedio en ésta fase en oficinas dedicadas a éste tipo de proyectos para el operador de red EMSA ESP, 14 personas.		Cronograma		Agua residual	Agua residual

Fuente: Autores.

Continuando se procede en la Tabla 15 con el análisis del ciclo de vida para la etapa implementación:











Tabla 15. Análisis del ciclo de vida etapa de implementación

<b>Papel 640 kg</b> , cantidad requerida aproximada en el levantamiento de información requerida para el proyecto 80 Resmas de papel aproximadamente.		<b>ADQUISICIONES MODELO RCM. 44 DÍAS DE OPERACIÓN</b>				Papel de Desecho
<b>Electricidad, iluminación 400 kWh</b> , consumo promedio en oficinas para ésta fase dedicadas a éste tipo de proyectos en EMSA ESP.		Mantenimiento predictivo	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo		Calor
<b>Equipos de cómputo y sistemas de información 612 kWh</b> , 6 equipos de cómputo portátiles, servidor Base de datos, Impresora Multifuncional, fax, Vídeo Beam, Router, terminales portátiles. Consumo promedio en oficinas dedicadas a éste tipo de proyecto en EMSA ESP.						Residuos sólidos
<b>Transporte 191 gl de gasolina</b> se estima la utilización de 5 motocicletas una para cada funcionario de vínculo en la recolección de datos, levantamientos topológicos y seguimiento a toda la red del circuito La Balsa en la ésta fase del proyecto con un consumo diario de 0,75 Galones de gasolina por motocicleta.		Termografías	Mantenimiento programado de los equipos			CO <sub>2</sub>
<b>Agua 51 m<sup>3</sup></b> , consumo promedio en ésta fase en oficinas dedicadas a éste tipo de proyectos para el operador de red, 14 personas.		Seguimiento de red	Sustitución de equipos por vida útil			Agua residual

Fuente: Autores.

Finalmente se realiza en la Tabla 16 el análisis del ciclo de vida para la etapa de seguimiento:

Tabla 16. Análisis del ciclo de vida etapa de seguimiento

<b>Papel 250 kg</b> , cantidad requerida aproximada en el levantamiento de información requerida para el proyecto 80 Resmas de papel aproximadamente.		<b>IMPLEMENTACIÓN 77 DÍAS DE OPERACIÓN</b>				Calor
<b>Electricidad, iluminación 200 kWh</b> , consumo promedio en oficinas para ésta fase dedicadas a éste tipo de proyectos en EMSA ESP.		Plan de mantenimiento predictivo	Plan de mantenimiento preventivo	Plan de mantenimiento correctivo		Residuos sólidos
<b>Equipos de cómputo y sistemas de información 300 kWh</b> , 6 equipos de cómputo portátiles, servidor Base de datos, Impresora Multifuncional, fax, Vídeo Beam, Router, terminales portátiles. Consumo promedio en oficinas dedicadas a éste tipo de proyecto en EMSA ESP.		Verificación del cumplimiento del análisis de la información meteorológica	Verificación del cumplimiento del mantenimiento programado.	Seguimiento actividades de corrección de emergencias		CO <sub>2</sub>
<b>Transporte 95 gl de gasolina</b> se estima la utilización de 5 motocicletas una para cada funcionario de vínculo en la recolección de datos, levantamientos topológicos y seguimiento a toda la red del circuito La Balsa en la ésta fase del proyecto con un consumo diario de 0,75 Galones de gasolina por motocicleta.						Disposición residuos (papel) 600kg
<b>Agua 25 m<sup>3</sup></b> , consumo promedio en ésta fase en oficinas dedicadas a éste tipo de proyectos para el operador de red, 14 personas.		Ejecución de termografías	Seguimiento sustitución de equipos			Disposición aguas residuales

Fuente: Autores.

### 2.2.5.2. Eco-indicador 99

A continuación en la Tabla 17 se realizará el análisis del ecoindicador 99 para la fase de diagnóstico:

Tabla 17. Análisis Eco-indicador 99 etapa diagnóstico.

Proyecto: Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.			
Fecha	07/07/2016		
Análisis del impacto ambiental del ciclo de vida del proyecto asumiendo una duración de 241 días			
Diagnóstico (Materiales, energía consumida)			
Proceso o material	Cantidad (kg, kWh, m <sup>3</sup> )	Indicador	Resultado
Papel	180	96	17.280
Electricidad, iluminación	360	47	16.920
Equipos de cómputo y sistemas de información	540	47	25.380
Transporte (En kg de combustible)	474	210	99.525
Uso de agua m <sup>3</sup>	45	0,026	1
Total [mPt]			159.106

Fuente: Autores.

Como se indica en la Tabla 18 se analiza la etapa de Ingeniería.

Tabla 18. Análisis Eco-indicador 99 etapa ingeniería

Ingeniería (Materiales, energía consumida y desechos)				
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh, gl, m<sup>3</sup>)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Resultado</i>	
Papel	771,0	96	74.016	
Electricidad, iluminación	432,0	47	20.304	
Equipos de cómputo y sistemas de información	648,0	47	30.456	
Transporte (En kg de combustible)	79,6	210	16.720	
Uso de agua m <sup>3</sup>	7,5	0,026	0,1950	
Total [mPt]			141.496	

Fuente: Autores.

A continuación en la Tabla 19 se analiza la etapa de Implementación.

Tabla 19. Análisis Eco-Indicador 99 etapa adquisiciones.

Adquisiciones Modelo RCM (Materiales, energía consumida)				
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh, gl, m<sup>3</sup>)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Resultado</i>	
Papel	640	96	61.440	
Electricidad, iluminación	400	47	18.800	
Equipos de cómputo y sistemas de información	612	47	28.764	
Transporte (En kg de combustible)	536	210	112.648	
Uso de agua m <sup>3</sup>	51	0,026	1	
Total [mPt]			221.653	

Fuente: Autores.

A continuación como se indica en la Tabla 20 se analiza la etapa de seguimiento.

Tabla 20. Análisis Eco-Indicador 99 etapa implementación

Implementación (Materiales, energía consumida)				
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh, gl, m<sup>3</sup>)</i>	<i>Indicador</i>	<i>Resultado</i>	
Papel	250	96	24.000	
Electricidad, iluminación	200	47	9.400	
Equipos de cómputo y sistemas de información	300	47	14.100	
Materiales de desecho (Papel)	1841,0	0,71	1.307	
Transporte (En Kg de combustible)	267	210	56.029	
Uso de agua m <sup>3</sup>	25	0,026	1	
Total Todas las Fases [mPt]			627.093	

Fuente: Autores.

- El EI-99 mide el nivel de impacto que tienen los procesos o materiales utilizados en cada fase del proyecto
- Se observa que en cada una de las fases para el cálculo del EI-99 lo que más impacta es el consumo de combustible seguido por el consumo de papel y la energía de consumo en los sistemas de cómputo e información.

### 2.2.5.3 Huella de carbono del proyecto.

A continuación en la Tabla 21 se realiza el cálculo de la huella de carbono para las diferentes etapas del proyecto.

Tabla 21. Análisis huella de carbono etapa diagnóstico.

Proyecto: Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.			
Análisis del impacto ambiental del ciclo de vida del proyecto asumiendo una duración de 241 días			
Diagnóstico (Materiales, energía consumida)			
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh</i>	<i>FE (kg CO<sub>2</sub>)</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> e</i>
Papel	180	1,05	189,00
Electricidad, iluminación	360	0,2849	102,56
Equipos de cómputo y sistemas de información	540	0,2849	153,85
Transporte (En kg de combustible)	474		1.643,11
Uso de agua m <sup>3</sup>	45	0,788	35,46
Total [kg CO <sub>2</sub> ]			2.123,98
Fuente: Autores.			

A continuación en la Tabla 22 se analiza la etapa de ingeniería.

Tabla 22. Análisis huella de carbono etapa ingeniería.

Ingeniería (Materiales, energía consumida y desechos)			
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh</i>	<i>FE (kg CO<sub>2</sub>)</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> e</i>
Papel	771	1,05	809,55
Electricidad, iluminación	432	0,2849	123,08
Equipos de cómputo y sistemas de información	648	0,2849	184,62
Transporte (En kg de combustible)	80		276,04
Uso de agua m <sup>3</sup>	8	0,788	5,91
Total [kg CO <sub>2</sub> ]			1.399,19
Fuente: Autores.			

A continuación se analiza la etapa de implementación en la Tabla 23.



Tabla 23. Análisis huella de carbono etapa adquisiciones.

Adquisiciones Modelo RCM (Materiales, energía consumida)			
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh)</i>	<i>FE (kg CO<sub>2</sub>)</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> e</i>
Papel	640	1,05	672,00
Electricidad, iluminación	400	0,2849	113,96
Equipos de cómputo y sistemas de información	612	0,2849	174,36
Transporte (En kg de combustible)	536		1.859,76
Uso de agua m <sup>3</sup>	51	0,788	40,19
Total [kgCO <sub>2</sub> ]			2.860,26

Fuente: Autores.

A continuación en la Tabla 24 se analiza la etapa de seguimiento.

Tabla 24. Análisis Huella de carbono etapa implementación.

Implementación (Materiales, energía consumida)			
<i>Proceso o material</i>	<i>Cantidad (kg, kWh)</i>	<i>FE (kg CO<sub>2</sub>)</i>	<i>Emisiones de CO<sub>2</sub> e</i>
Papel	250	1,05	262,50
Electricidad, iluminación	200	0,2849	56,98
Equipos de cómputo y sistemas de información	300	0,2849	85,47
Materiales Reciclado (Papel) 25%	1841	-1,8	(3.313,80)
Transporte (En kg de combustible)	267		925,01
Uso de agua m <sup>3</sup>	25	0,026	0,65
Total Todas las Fases [kg Co <sub>2</sub> e]			4.400,24
Total Todas las Fases [t Co <sub>2</sub> e]			<b>4,40</b>

Fuente: Autores.

- a) Al analizar los resultados podemos observar que las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> son significativas para cada fase en el consumo de papel seguido por la utilización de los equipos de Cómputo e información.

- b) Al finalizar el ciclo de vida del proyecto se considera la reutilización de papel lo que tiene un impacto positivo en las emisiones equivalentes totales ayudando a reducir la cantidad equivalente total a 4,40 t CO<sub>2</sub>e.

#### ***2.2.5.4. Análisis de impactos ambientales.***

- a) El Eco-Indicador 99 mide el nivel de impacto que tienen los procesos o materiales utilizados en cada fase del proyecto
- b) Se observa que en cada una de las fases para el cálculo del E-I99 lo que más impacto tiene es el consumo de combustible seguido por el consumo de papel y los sistemas de cómputo e información.
- c) Al Analizar los resultados podemos observar que las emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> son significativas para cada fase en el consumo de papel seguido por la utilización de los equipos de Cómputo e información.
- d) Al finalizar el ciclo de vida del proyecto se considera la reutilización de papel lo que tiene un impacto positivo en las emisiones equivalentes totales ayudando a reducir la cantidad equivalente total a 4,4 t Co<sub>2</sub>e.

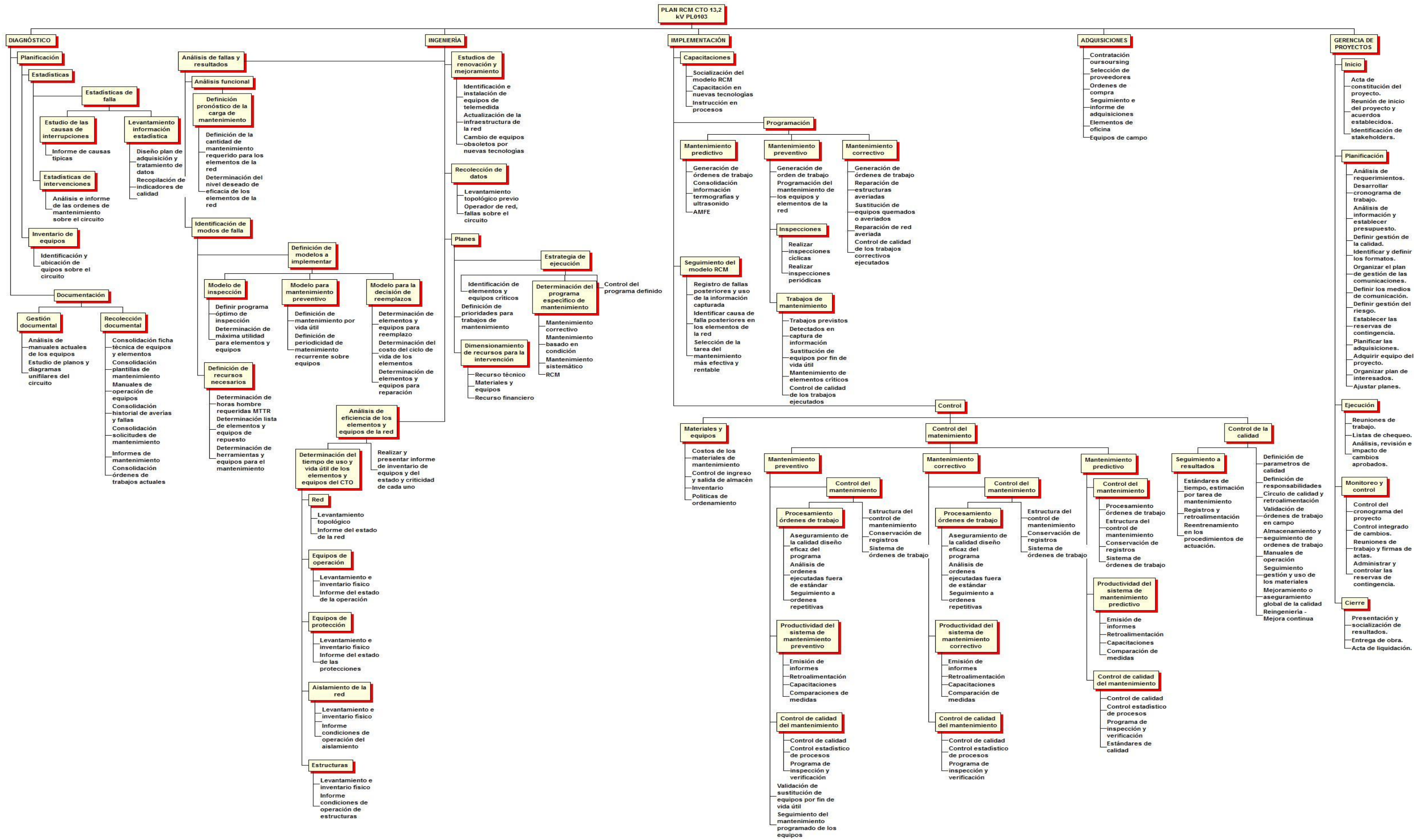
### **2.3 Estudio económico - financiero**

A continuación desarrollamos el estudio económico y financiero empleando principalmente la herramienta MS Project.

2.3.1 EDT.

Se presenta en la Figura 16 la estructura de desagregación del proyecto.

Figura 16. EDT del proyecto.



Fuente: Autores.

### **2.3.2. Cuenta de control y cuenta de planeación.**

Identificamos el tercer nivel de desagregación como nuestra cuenta de control dado que allí se encuentran los resúmenes de las sub-tareas facilitando en este punto controlar la triple restricción.

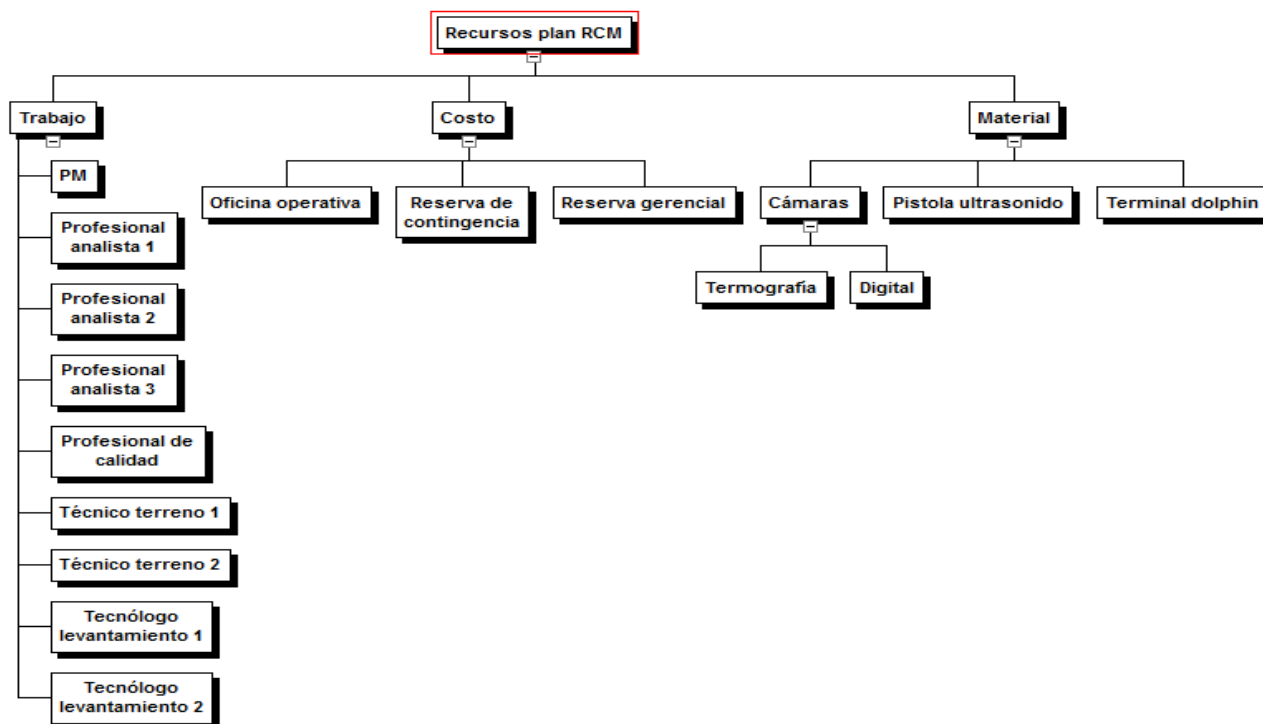
Respecto a la cuenta de planeación, se encuentra en el tercer nivel de la EDT, como se observa en la figura anterior.

Ver Anexo F. Cuenta de control sobre MS Project.

### 2.3.3. Resource Breakdown Structure -ReBS-

Se resenta la estructura de desagregación del recurso para este proyecto en la Figura 17.

Figura 17. Resource breakdown structure-ReBS-

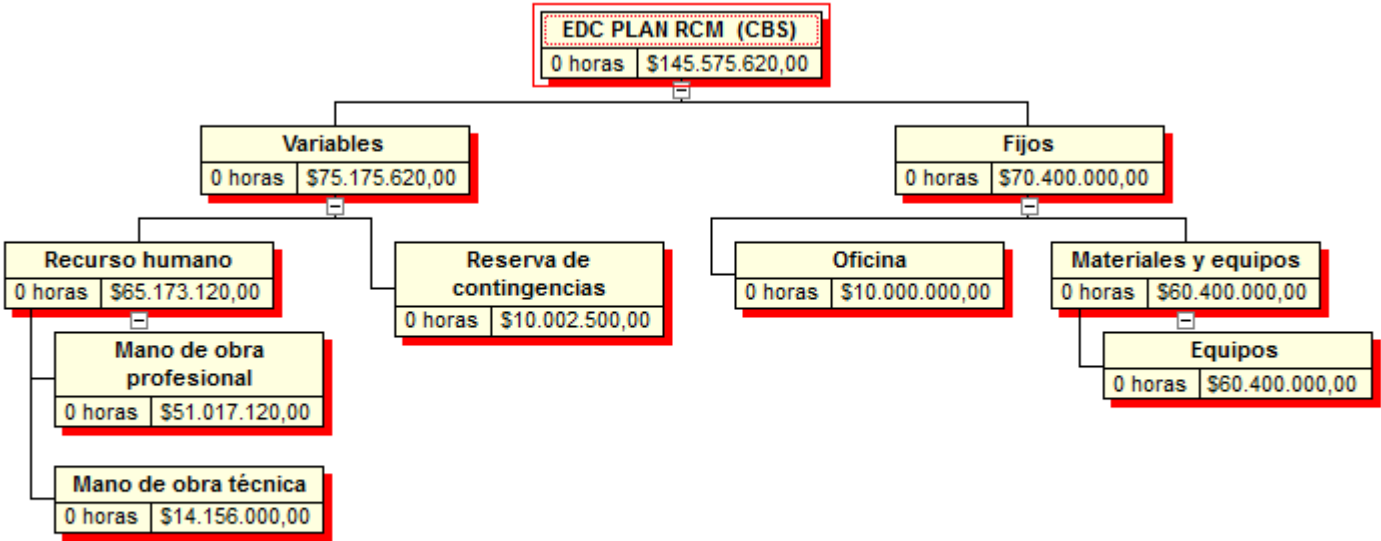


Fuente: Autores.

2.3.4. Cost Breakdown Structure -CBS-

Se presenta en la Figura 18 la estructura de desagregación del costo para este proyecto.

Figura 18. Estructura de desagregación del costo.



Fuente: Autores.



### 2.3.5. Presupuesto del proyecto y presupuesto caso de negocio.

Resultado de la base de datos generada con la herramienta MS Project, el presupuesto del proyecto se calcula en \$145'575.618 considerando la reserva de contingencia la cual fue establecida entre el 7 y el 10% del presupuesto del proyecto, ésta reserva se encuentra dentro de la fase de monitoreo y control de GERENCIA DE PROYECTOS para el ciclo de vida del proyecto, la distribución de este valor se observa a continuación en la Figura 19.

Figura 19. Presupuesto del proyecto.

	Mo de tan	EC	Nombre de tarea	Costo
0		0	<b>PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103</b>	<b>\$145.575.618,56</b>
1		1	Inicio del Proyecto	\$0,00
2		2	<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>\$2.209.333,28</b>
3		2.1	* Planificación	\$1.304.000,00
15		2.2	* Documentación	\$905.333,28
27		2.3	Terminación fase de diagnóstico	\$0,00
28		3	<b>INGENIERÍA</b>	<b>\$73.982.187,52</b>
29		3.1	* Análisis de fallas y resultados	\$2.128.000,00
50		3.2	* Análisis de eficiencia de los elementos y equipos de la red	\$67.999.989,76
68		3.3	* Estudios de renovación y mejoramiento	\$712.199,92
72		3.4	* Recolección de datos	\$510.000,00
75		3.5	* Planes	\$2.632.000,00
89		3.6	Inicio de la Implementación	\$0,00
90		4	<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>\$18.424.733,44</b>
91		4.1	* Capacitaciones	\$819.999,92
95		4.2	* Programación	\$3.404.000,00
118		4.3	* Seguimiento del modelo RCM	\$672.000,00
122		4.4	* Control	\$13.528.733,44
197		5	<b>ADQUISICIONES</b>	<b>\$3.954.200,00</b>
198		5.1	Contratación outsourcing	\$2.415.000,00
199		5.2	Solicitud y requerimiento de compras	\$595.200,00
200		5.3	Selección de proveedores	\$240.000,00
201		5.4	Ordenes de compra	\$352.000,00
202		5.5	Seguimiento e informe de adquisiciones	\$352.000,00
203		5.6	Fin del modelo RCM	\$0,00
204		6	<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	<b>\$47.005.173,76</b>
205		6.1	* Inicio	\$648.000,00
209		6.2	* Planificación	\$25.400.005,12
223		6.3	* Ejecución	\$4.400.000,00
227		6.4	* Monitoreo y control	\$16.049.166,08
232		6.5	* Cierre	\$508.000,00
236		7	Fin del proyecto	\$0,00

Fuente: Autores.

A continuación como se indica en la Figura 20 encuentra el costo acumulado del proyecto.

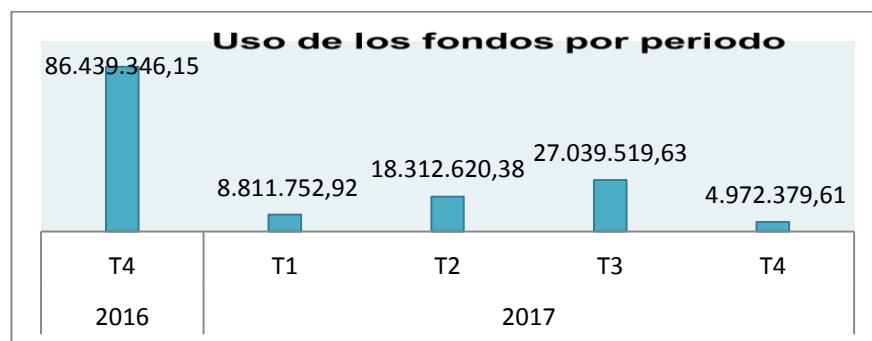
Figura 20. Costo y costo acumulado del proyecto.

	i	Mo de tari	EC	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin
0		→	0	PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103	\$145.575.618,56	282,06 días	lun 03/10/16	mié 04/10/17
1		→	1	Inicio del Proyecto	\$0,00	0 días	lun 03/10/16	lun 03/10/16
2		→	2	+ DIAGNÓSTICO	\$2.209.333,28	8,67 días	lun 03/10/16	jue 13/10/16
28		→	3	+ INGENIERÍA	\$73.982.187,52	126,92 días	jue 13/10/16	mié 29/03/17
90		→	4	+ IMPLEMENTACIÓN	\$18.424.733,44	130,83 días	mié 29/03/17	vie 15/09/17
197		→	5	+ ADQUISICIONES	\$3.954.200,00	7,15 días	vie 15/09/17	lun 25/09/17
204		→	6	+ GERENCIA DE PROYECTOS	\$47.005.173,76	282,06 días	lun 03/10/16	mié 04/10/17
236		→	7	Fin del proyecto	\$0,00	0 días	mié 04/10/17	mié 04/10/17

Fuente: Autores.

### 2.3.6. Fuentes y usos de fondos.

La fuente de recursos para financiar el proyecto, será el recurso propio del Operador de Red del Meta, que a su vez debe realizar la reserva presupuestal para el año 2017 de los costos presupuestados para ese año, los recursos necesario para iniciar el proyecto en 2016 deben ser sacados del presupuesto reservado para la mejora de calidad del servicio del año en curso, en la Figura 21 se observa el gasto de los fondos por cada periodo. Figura 21. Costo presupuestado por periodo.



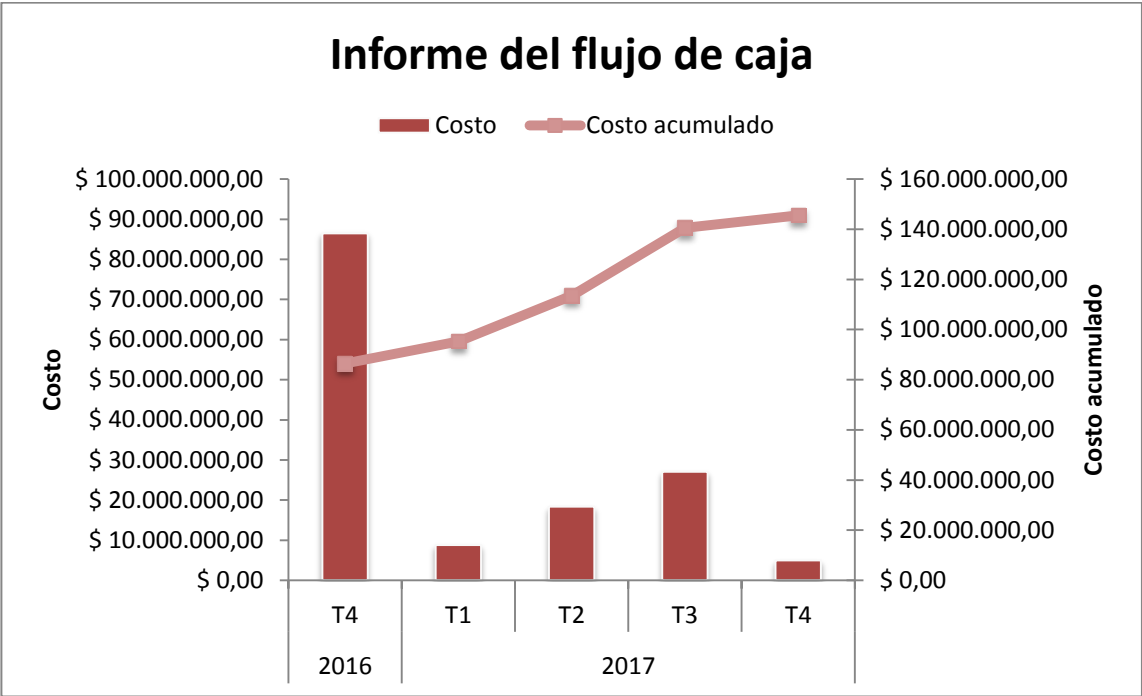
Fuente: Autores.



2.3.7. Flujo de caja.

Resultado de la programación en *MS Project*, a continuación en la Figura 22 se presenta el informe del flujo de caja para el proyecto.

Figura 22. Informe flujo de caja.



Fuente: Autores.

2.3.8. Evaluación financiera.

A continuación se presenta en la Tabla 25 la evaluación financiera del proyecto.

Tabla 25. Evaluación financiera.

AÑO	DES	FES	Valor promedio kWh	Carga instalada en kWh circuito PL0103	factor promedio de utilización de uso de carga	Equivalente en pesos colombianos
2.003	42,94	155	237	8.700	0,35	\$ 30.988.295,1
2.004	38,63	72	237	8.934	0,42	\$ 34.353.286,6
2.005	12,2	68	243	9.168	0,38	\$ 10.328.192,1
2.006	15,14	41	249	9.402	0,40	\$ 14.000.468,4
2.007	7,94	33	252	9.636	0,41	\$ 7.904.996,7
2.008	8,68	35	258	9.870	0,43	\$ 9.393.890,9
2.009	8,68	35	261	10.104	0,44	\$ 10.071.780,4
2.010	11,44	44	267	10.338	0,46	\$ 14.367.632,5
2.011	11,8	70	285	10.572	0,47	\$ 16.710.208,9
2.012	8,9	46	330	10.806	0,49	\$ 15.392.552,7
2.013	6,82	61	360	11.040	0,50	\$ 13.552.704,0
2.014	8,64	41	390	11.274	0,52	\$ 19.564.268,3
2.015	5,92	23	420	11.508	0,53	\$ 15.165.150,3
<b>Total</b>	<b>187,73</b>	<b>724</b>			<b>Total monto dejado de facturar</b>	\$ 211.793.426,8
					Monto a 10 años dejado de facturar sin la aplicación del plan de mantenimiento (COP\$).	\$ 151.651.503,4
					25% reducción sobre los indicadores de calidad aplicando RCM para el primer año (COP\$).	\$ 3.791.287,6
					Ahorro con pleno funcionamiento del plan RCM después entre el segundo y décimo año (COP\$).	\$ 136.486.353,0
					Ahorro total estimado en pesos colombianos (COP\$) para 10 años de operación plan RCM circuito PL0103	\$ 140.277.640,6

Fuente: Autores.

### 2.3.9. Análisis de sensibilidad.

En el siguiente apartado se presenta el análisis de sensibilidad que se puede llegar a reflejar en el proyecto, si se presentan variaciones en cuanto a tiempo y costo.

#### *2.3.9.1 Informe de sensibilidad del proyecto con variación en costos de mano de obra.*

Para este caso se aplica variaciones porcentuales del +12% en la mano de obra del gerente del proyecto y de los ingenieros analista, los cuales son recursos claves en la ejecución del proyecto, se observa el nuevo costo por periodo y el costo acumulado del proyecto.

Tabla 26. Costo acumulado del proyecto teniendo en cuenta la variación de mano de obra.

Año	Trimestre	Costo	Costo acumulado
2016	T4	87.797.749,58	87.797.762,49
Total 2016		87.797.749,58	87.797.762,49
2017	T1	9.503.818,97	97.301.568,55
	T2	19.727.271,19	117.028.839,74
	T3	29.213.759,58	146.242.599,32
	T4	5.119.059,61	151.361.658,92
Total 2017		63.563.909,35	151.361.658,92
Total General		151.361.658,92	151.361.658,92

Fuente: Autores.

De la Tabla 26 obtenemos que el nuevo costo del proyecto es \$ 151.361.658,92; haciendo una comparación con el costo inicial obtenemos el análisis de sensibilidad que se observa a continuación.

$$\%S = (151.361.658 - 145.575.618) / (145.575.618) \times 100\%$$

$$\%S = 3,97\%$$

### ***2.3.8.2 Análisis de sensibilidad con modificación en tiempo de entrega del proyecto.***

Para este análisis se evalúa la variación de los aspectos que pueden ser afectados o se modifican al cambiar la fecha de entrega del proyecto, para ello se aumenta el recurso técnico y profesional, a continuación se refleja la proyección del proyecto con los cambios en cantidad de recurso.

Figura 23. Nuevo costo y tiempo del proyecto.

<b>0</b>	<b>PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103</b>	<b>\$151.997.911,04</b>	<b>224,88 días</b>
<b>1</b>	Inicio del Proyecto	\$0,00	0 días
<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>\$1.825.333,12</b>	<b>8,67 días</b>
<b>3</b>	<b>INGENIERÍA</b>	<b>\$74.788.270,08</b>	<b>64 días</b>
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>\$17.293.265,92</b>	<b>100,08 días</b>
<b>5</b>	<b>ADQUISICIONES</b>	<b>\$6.019.213,44</b>	<b>12,16 días</b>
<b>6</b>	<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	<b>\$52.071.838,72</b>	<b>224,88 días</b>
<b>7</b>	Fin del proyecto	\$0,00	0 días

Fuente: Autores.

Con la Figura 23 se observa que el tiempo de ejecución del proyecto pasó de 282 días a 224 días y el costo total del proyecto paso de \$ 145.575.618 a \$ 151.997.911, haciendo de nuevo la comparación para el análisis se sensibilidad se obtiene:

$$\%S=(151.597.911 - 145.575.618)/ ( 145.575.618) \times 100\%$$

$$\%S=4,13\%$$

### **3. Planificación del proyecto**

Para el siguiente capítulo se presenta la planificación del proyecto, estableciendo la línea base para la triple restricción, se presenta además los planes para la gestión del proyecto RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103, a fin de realizar el monitoreo y control del proyecto hasta concluida su finalización.

#### **3.1. Programación**

La programación del plan RCM se realizó en Ms Project en la cual se definen las líneas base de alcance, costo y tiempo, teniendo en cuenta actividades propias del proyecto.

##### **3.1.1. Línea base del alcance**

La línea base del alcance el proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 se encuentra definida por.

- Diccionario de la EDT. Anexo N
- EDT del proyecto. Anexo O
- Enunciado del alcance.

Para el desarrollo del plan de alcance del proyecto, se estudiaron los indicadores de calidad del servicio reportados en la CREG del circuito PL0103 y se evidenció la

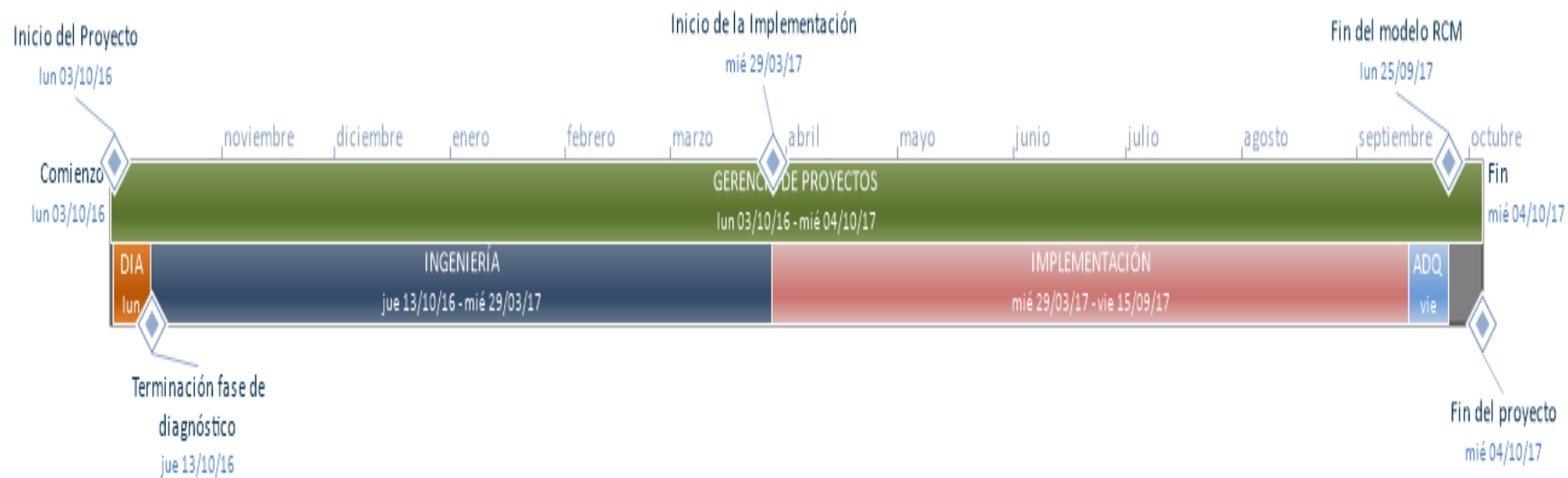
necesidad de mejorar la prestación de servicio de energía eléctrica a los clientes del operador de red del Meta, ubicados en las principales veredas del municipio de Puerto López Meta asociados al circuito en mención. Se desarrolló el árbol de problemas y de objetivos a fin de identificar la problemática a resolver y posteriormente se realizó la estructura de desagregación del trabajo, para definir el alcance del proyecto que consta de realizar y ejecutar un plan RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103, propiedad del operador de red del Meta.

### **3.1.2. Línea base del tiempo.**

La línea base del tiempo se calculó con ayuda de *Ms Project*, en donde se definió la ruta crítica y así determinar la duración total del proyecto, que dio como resultado 286 días.

En la Figura 24 muestra la línea base del tiempo del proyecto.

Figura 24. Línea base del tiempo.



Fuente: Autores.



La línea base de tiempo tiene como fecha de inicio el 3 de octubre de 2016 y de finalización el 10 de octubre de 2017.

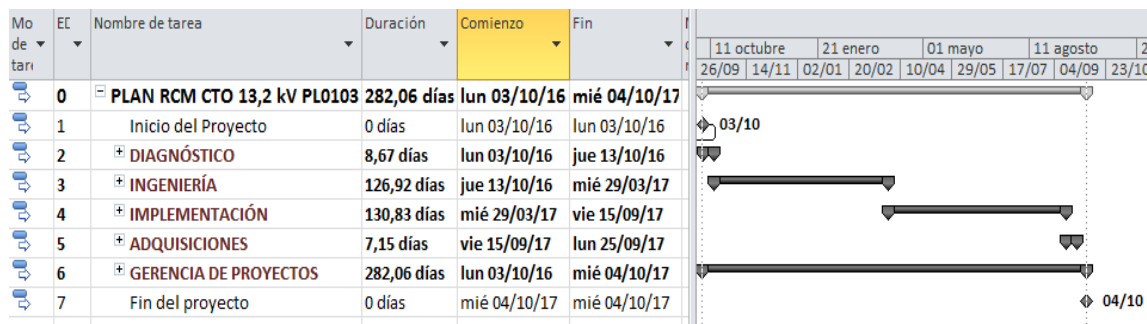
### 3.1.2.1. Diagrama Red.

Realizando la secuenciación de las actividades en *Ms Project*, se generó el diagrama red para la programación, donde se evidencia de manera fácil y rápida la ruta crítica, en el Anexo P se observa el diagrama.

### 3.1.2.2. Cronograma.

Tal como se puede apreciar en el Anexo Q se indica el cronograma del proyecto programado en *Ms Project* donde se evidencia el diagrama de *Gantt* de barras y las actividades a nivel 3 con su respectiva duración. En la Figura 25 se observa el cronograma con las tareas resumen y sus hitos principales.

Figura 25. Cronograma tareas resumen.



Fuente: Autores.

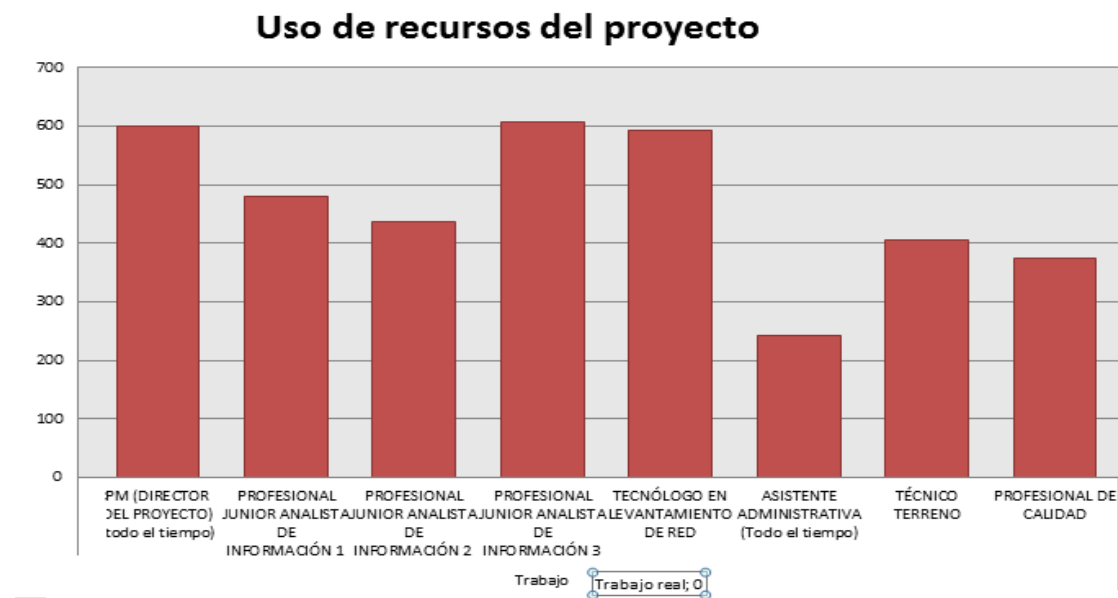
### ***3.1.2.3. Nivelación de recursos.***

El proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103, requiere de recursos tipo trabajo, material y tipo costo para su realización, con el fin de realizar una buena utilización de dichos recursos se utilizó juicio de expertos combinado con la auto-distribución de *Ms Project*, en el Anexo R se observa la nivelación de recursos para el proyecto sin ninguna sobre asignación.

### ***3.1.2.4. Uso de Recursos.***

A continuación en la Figura 26 muestra el uso de los recursos necesarios para el proyecto, teniendo en cuenta que para el proceso de implementación, el operador de red suministrará los recursos tipo material que se requieran, el Anexo S indica el uso de recursos de manera detallada.

Figura 26. Uso de recursos del proyecto.



Fuente: Autores.

3.1.3. Línea base del costo.

La línea base de costo está compuesta por el presupuesto de las actividades y fue calculada con ayuda de *Ms Project*, a esta se adicionó la reserva de contingencia que fue determinada por del análisis de riesgos, en la Tabla 27 se observa el presupuesto del proyecto a nivel de cuentas de control.

Tabla 27. Presupuesto del proyecto RCM PL0103.

EDT	Nombre de tarea	Costo	Comienzo	Fin
<b>0</b>	<b>PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103</b>	<b>\$145.575.618,56</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 04/10/17</b>
1	Inicio del Proyecto	\$0,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16
<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>\$2.209.333,28</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>jue 13/10/16</b>
2.1	Planificación	\$1.304.000,00	lun 03/10/16	mar 11/10/16
2.2	Documentación	\$905.333,28	lun 03/10/16	jue 13/10/16
2.3	Terminación fase de diagnóstico	\$0,00	jue 13/10/16	jue 13/10/16
<b>3</b>	<b>INGENIERÍA</b>	<b>\$73.982.187,52</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>mié 29/03/17</b>
3.1	Análisis de fallas y resultados	\$2.128.000,00	jue 13/10/16	vie 10/02/17
3.2	Análisis de eficiencia de los elementos y equipos de la red	\$67.999.989,76	mié 19/10/16	lun 13/03/17
3.3	Estudios de renovación y mejoramiento	\$712.199,92	lun 13/03/17	mié 15/03/17
3.4	Recolección de datos	\$510.000,00	mié 19/10/16	jue 27/10/16
3.5	Planes	\$2.632.000,00	lun 13/03/17	mié 29/03/17
3.6	Inicio de la Implementación	\$0,00	mié 29/03/17	mié 29/03/17
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>\$18.424.733,44</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>vie 15/09/17</b>
4.1	Capacitaciones	\$819.999,92	mié 29/03/17	mar 04/04/17
4.2	Programación	\$3.404.000,00	mar 04/04/17	lun 08/05/17
4.3	Seguimiento del modelo RCM	\$672.000,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17
4.4	Control	\$13.528.733,44	mié 29/03/17	vie 15/09/17
<b>5</b>	<b>ADQUISICIONES</b>	<b>\$3.954.200,00</b>	<b>vie 15/09/17</b>	<b>lun 25/09/17</b>
5.1	Contratación <i>oursourcing</i>	\$2.415.000,00	vie 15/09/17	jue 21/09/17
5.2	Solicitud y requerimiento de compras	\$595.200,00	vie 15/09/17	vie 22/09/17
5.3	Selección de proveedores	\$240.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17
5.4	Ordenes de compra	\$352.000,00	jue 21/09/17	lun 25/09/17
5.5	Seguimiento e informe de adquisiciones	\$352.000,00	vie 22/09/17	lun 25/09/17
5.6	Fin del modelo RCM	\$0,00	lun 25/09/17	lun 25/09/17
<b>6</b>	<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	<b>\$47.005.173,76</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 04/10/17</b>
6.1	Inicio	\$648.000,00	lun 03/10/16	mar 01/11/16
6.2	Planificación	\$25.400.005,12	lun 03/10/16	jue 24/08/17
6.3	Ejecución	\$4.400.000,00	lun 03/07/17	lun 04/09/17
6.4	Monitoreo y control	\$16.049.166,08	mar 05/09/17	mié 04/10/17
6.5	Cierre	\$508.000,00	jue 21/09/17	mié 04/10/17
7	Fin del proyecto	\$0,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17

Fuente: Autores.

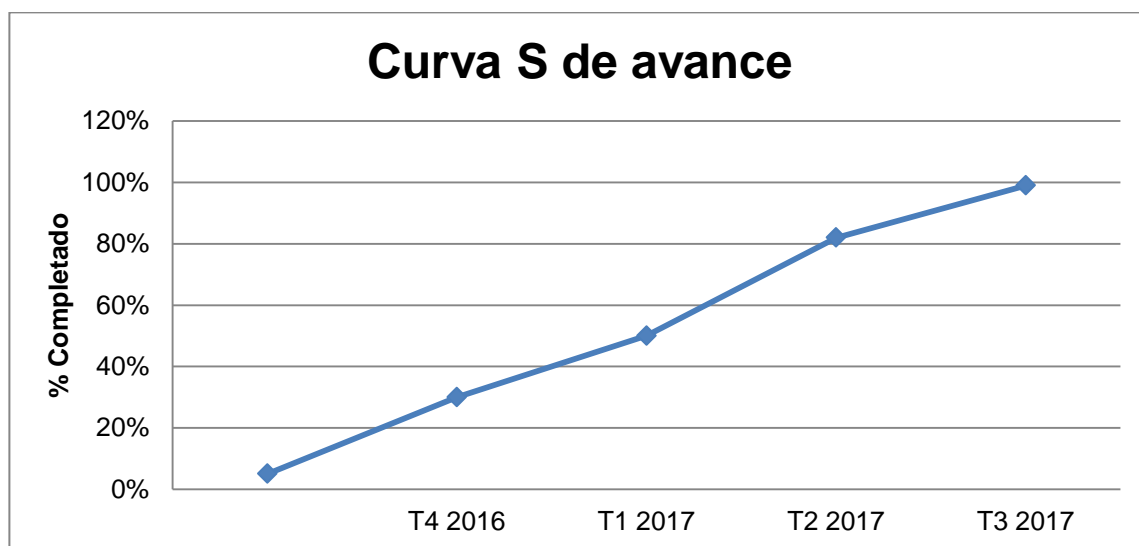
### 3.1.4. Indicadores.

Con el objetivo de realizar un adecuado monitoreo y control del proyecto se hará uso de los indicadores SPI y CPI los cuales deben ser calculados con ayuda de *Ms Project*, para determinado punto en el tiempo donde se requiera evaluar la situación y avance del proyecto.

#### 3.1.4.1. Curva S de medición de desempeño.

Se muestra en la Figura 27 la curva S de avance, donde puede visualizarse la línea base del tiempo, la cual servirá para controlar el avance del trabajo durante la ejecución del proyecto

Figura 27. Curva S de avance.



Fuente: Autores.

### 3.1.4.2. Curva S de costo.

Se observa en la Figura 28 la curva S de costo que permite visualizar la línea base con la cual será realizado el control presupuestal del proyecto:

Figura 28. Curva S de costo.



Fuente: Autores.

### 3.1.4.3. Valor ganado

El valor ganado del proyecto plan RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 permite realizar un comparativo entre la línea base y el avance del proyecto para el costo ejecutado y el trabajo realizado, dando como resultado los indicadores de desempeño para 3 diferentes fechas de corte como se muestra en la Tabla 28.

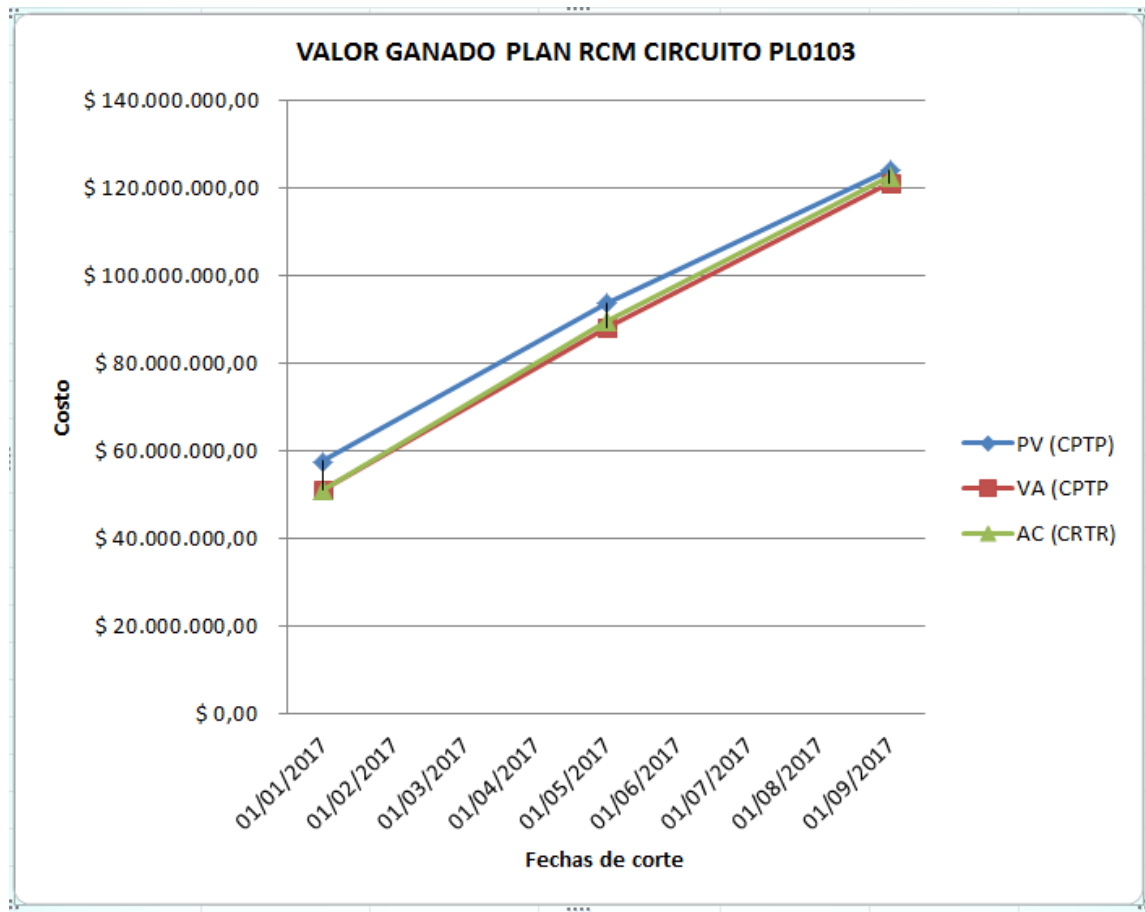
Tabla 28. Indicadores de desempeño plan RCM circuito PL0103.

Fecha de corte	Valor planeado: <b>PV (CPTP)</b> "Costo presupuestado del trabajo programado"	Valor acumulado: <b>VA (CPTP)</b> "Costo presupuestado del trabajo realizado"	<b>AC (CRTR)</b> "Costo real del trabajo realizado"	VP	VC	CEF	CPI (IRC) "Índice de rendimiento del costo"	SPI (IRP) "Índice de rendimiento del cronograma"	CPF	VAF
31/01/2017	\$ 37.653.040,00	\$ 51.108.573,59	\$ 51.108.584,09	(\$ 6.382.563,13)	(\$ 10,50)	\$ 145.575.646,56	1	0,89	\$ 145.575.618,56	(\$ 31,36)
31/05/2017	\$ 61.288.655,06	\$ 88.102.607,32	\$ 89.619.091,78	(\$ 5.476.940,23)	(\$ 1.516.484,46)	\$ 148.081.373,34	0,98	0,94	\$ 145.575.618,56	(\$ 2.505.758,07)
30/09/2017	\$ 81.280.178,17	\$ 121.137.417,45	\$ 122.604.482,13	(\$ 2.966.501,82)	(\$ 1.467.064,70)	\$ 147.338.641,74	0,99	0,98	\$ 145.575.618,56	(\$ 1.763.026,57)

Fuente: Autores.

En la Figura 29 se muestra el valor ganado que se obtendría en las tres diferentes fechas de corte del proyecto RCM PL0103.

Figura 29. Valor ganado plan RCM PL0103.



Fuente: Autores.

Al analizar la gráfica y los datos obtenidos para los indicadores de desempeño en las fechas de corte establecidas se evidencia que el proyecto presenta retraso en tiempo y costo.

### 3.1.5. Riesgos principales con impacto.

Los riesgos de alto impacto para el proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 se muestra en la Tabla 29:



Tabla 29. Riesgos principales y análisis cualitativo.

REGISTRO DE RIESGOS ANÁLISIS CUANTITATIVO										
Id Supuesto	Id Riesgo	PAQUETE DE TRABAJO	OPORTUNIDAD O AMENAZA	CAUSA	RIESGO	EFEECTO	CATEGORÍA	FUENTE	TRIGGER	RESP.
11	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	Condiciones ambientales adversas	Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas	Atraso en la ejecución del plan.	Técnico	Externo	Inicio de temporadas de lluvia	PM
10	a	Iniciación	Amenaza	Recursos insuficientes del contratista para la adquisición de los equipos, incumplimiento de los proveedores para la entrega de los equipos.	Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.	Entregables fuera de la fecha - modificación de la ruta crítica, retraso considerable en la iniciación del contrato.	Técnico	Sponsor	Inexistencia o falta de funcionalidad en los equipos 5 días antes de la iniciación del proyecto, carencia de facturas de compra de los quipos durante la primera revisión de información.	PM
4	a	Ejecución	Amenaza	Acompañamiento mínimo por parte del gestor del contrato durante las reuniones de seguimiento.	No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.	Atrasos en la ruta crítica del proyecto, fecha de terminación prolongada.	Admin.	PM	No asistencia del Gestor del contrato a las reuniones establecidas o gestión tardía a las solicitudes de cambios y requerimientos.	Sponsor
8	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	Mala comunicación entre las partes y alto volumen de trabajo.	No gestionar un cambio de forma adecuada.	Impacto considerable en la triple restricción.	Técnico	PM	Solicitudes de cambio iniciales sin respuesta.	Sponsor
6	a	Diagnóstico-Ejecución-Seguimiento	Amenaza	Mala comunicación y falta de gestión social por parte del operador de red para con los usuarios del circuito.	La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.	Atraso en la ejecución del plan.	Técnico	PM	Primera alerta por parte de la comunidad al no permitir el ingreso durante el levantamiento de información.	Sponsor
2	c	Diagnóstico	Oportunidad	Histórico de fallas, completo, información clara y de calidad.	Realizar un estudio que supere los requerimientos	Eficacia y efectividad en el plan RCM	Admin.	PM	Datos completos y consistentes en la información suministrada durante la primera revisión.	Sponsor

Fuente: Autores.

En la Tabla 30 se muestra el análisis cuantitativo de los riesgos principales y la probabilidad de ocurrencia para cada uno, de igual manera muestra el impacto sobre el costo y tiempo del proyecto.

Tabla 30. Análisis cuantitativo de los riesgos principales del proyecto

REGISTRO DE RIESGOS ANÁLISIS CUANTITATIVO									
Id Supuesto	Id Riesgo	PAQUETE DE TRABAJO	OPORTUNIDAD O AMENAZA	RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO TIEMPO (días)	IMPACTO COSTO (pesos)	EMV TIEMPO (DÍAS)	EMV COSTO (PESOS)
11	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas	40%	30	9.400.000,00	12	\$3.700.000,00
10	a	Iniciación	Amenaza	Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.	10%	16	7.500.000,00	1,6	\$750.000,00
4	a	Ejecución	Amenaza	No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.	25%	12	5.650.000,00	3	\$1.412.500,00
8	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	No gestionar un cambio de forma adecuada.	10%	8	6.800.000,00	0,8	\$680.000,00
6	a	Diagnóstico-Ejecución-Seguimiento.	Amenaza	La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.	40%	15	8.500.000,00	6	\$3.400.000,00
2	c	Diagnóstico	Oportunidad	Realizar un estudio que supere los requerimientos	50%	0	- 2.750.000,00	0	\$1.375.000,00
<b>TOTAL EMV</b>								<b>23,4</b>	<b>\$8.627.500,00</b>

Fuente: Autores.

Con base al análisis cualitativo y cuantitativo se realiza el análisis de escenarios, expectativa del *Sponsor*, mejor escenario, peor escenario y valor monetario esperado (EMV) como se muestra en la Tabla 31:

Tabla 31. Escenarios posibles del proyecto.

ESCENARIOS	COSTO	TIEMPO
Expectativa del <i>Sponsor</i>	\$135.573.114,88	282 Días
Mejor de los casos	$\$135.573.114,88 - \$1.375.000 = \$134.198.114,88$	282 Días
Peor de los casos	$\$135.573.114,88 + \$10.002.500 =$ \$145.575.114,88	282 Días + 23,4 Días = 305,4 Días
EMV	$\$135.573.114,88 + \$8.627.500 = \$144.200.614,88$	282 Días + 23,4 Días = 305,4 Días

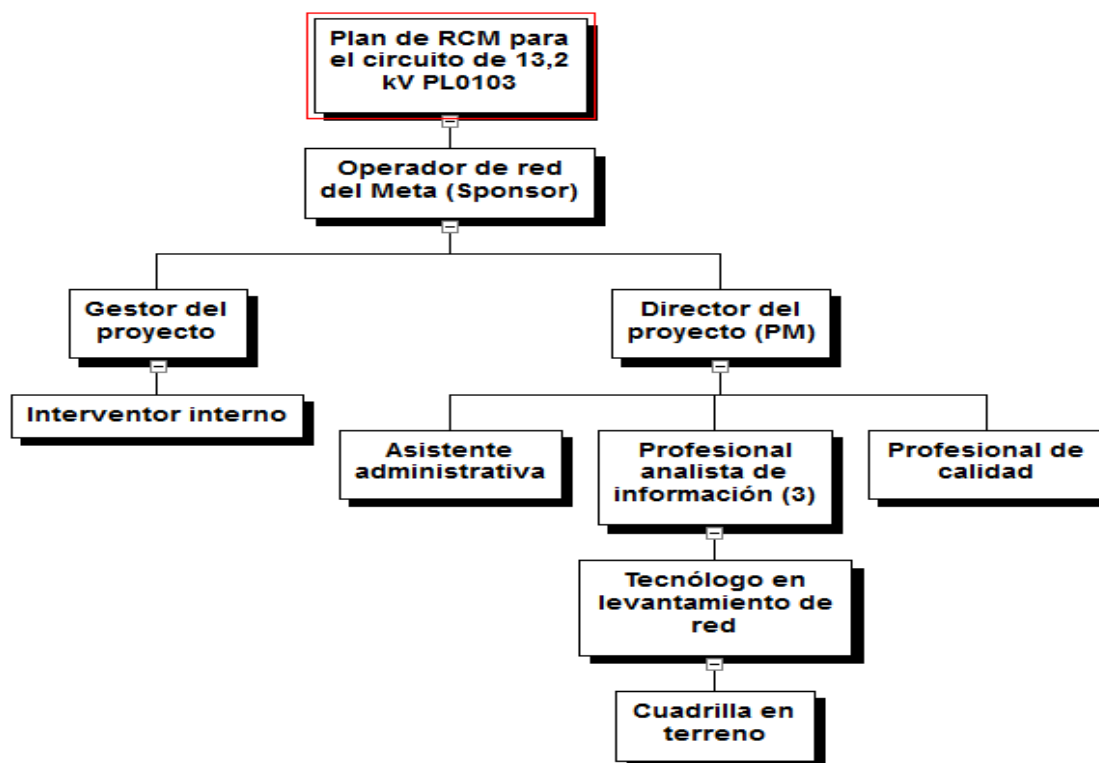
Fuente: Autores.

El Anexo T. Plan de repuesta al riesgo, presenta el plan de respuesta al riesgo para el proyecto plan de RCM circuito de 13,2 kV PL0103.

### 3.1.6. Estructura organizacional -OBS-

La estructura organizacional del proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 establece el roll que desempeñan los miembros de la organización con el objetivo de el correcto direccionamiento estratégico del proyecto como se muestra en la Figura 30:

Figura 30. Estructura organizacional.



Fuente: Autores.

### ***3.1.6.2. Matriz responsabilidad -RACI-***

La matriz RACI indica las responsabilidades de los involucrados en el proyecto para cada una de las actividades del mismo, el Anexo U presenta dicha matriz.

## **3.2. Planes de Gestión del proyecto.**

Con el objetivo de garantizar que el proyecto plan RCM para circuito de 13,2 kV PL0103 se realice de manera controlada, se realizó la planificación e integración de todas las áreas del conocimiento para la gerencia de proyectos bajo el estándar del PMI, de la misma manera se tendrá que firmar el acta de constitución del proyecto para definir los límites del proyecto.

Los planes de gestión que componen el plan para la dirección del proyecto son:

- Plan de gestión del proyecto
- Plan de gestión de alcance.
- Plan de gestión de tiempos.
- Plan de gestión de costos.
- Plan de gestión de calidad.
- Plan de gestión de recurso humano - N/A
- Plan de gestión de comunicaciones.
- Plan de gestión de riesgos.

- Plan de gestión de adquisiciones.
- Plan de gestión de interesados.
- Plan de gestión de cambios

### 3.2.1. Plan de gestión del proyecto.

A continuación se presenta el plan de gestión del proyecto.

---

#### PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO

---

**Título del proyecto :** **Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.**

---

**Fecha :** **07/07/2016**

---

#### Process Tools and Techniques

Knowledge Área	Tools and Techniques
<i>Integration</i>	Metodologías de aprendizaje tales como: reuniones para presentación de proyectos, exposiciones para indicar el alcance que desea lograrse, control de mitigación de cambios mediante valoraciones constantes.
<i>Scope</i>	Análisis de documentación, programación general y de actividades.
<i>Time</i>	Estimación del cronograma del proyecto mediante <i>MS Project</i> .
<i>Cost</i>	Estudio financiero, presupuesto del proyecto, riesgos.
<i>Quality</i>	Manuales, formatos, listas de chequeo, experiencias laborales, juicio de expertos.
<i>Human Resources</i>	N/A
<i>Communication</i>	Verbales, escritas, medios tecnológicos.
<i>Risk</i>	Documentación, indicadores, juicio de expertos.
<i>Procurement</i>	Presupuestos, comparativos, lista de proveedores.
<i>Stakeholders</i>	Documentación, análisis de interesados sobre el proyecto.

## Variances and Baseline Management

<b>Scope Variance</b>  La varianza sobre el alcance es determinada cuando un riesgo se materializa.	<b>Scope Baseline Management</b>  Manejo de acuerdo a las holguras libres permisibles de cada actividad sobre la programación, si las holguras son afectadas se analizará la inclusión de más recursos.
<b>Schedule Variance</b>  La variación en el cronograma es determinada cuando la línea base de tiempo y costo cambian durante la ejecución.	<b>Schedule Baseline Management</b>  Línea base establecida del proyecto a fin de dar inicio al proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 el 03/10/2016, controlada por el PM del proyecto.
<b>Cost Variance</b>  Variación en el costo una vez se materialice un riesgo o existan modificaciones en la línea base del proyecto.	<b>Cost Baseline Management</b>  Línea base de costo será supervisada y controlada por el gerente del proyecto PM; el <i>Sponsor</i> asumirá las modificaciones en la línea base de acuerdo a los riesgos establecidos.

## Project Reviews

Director del proyecto (PM): Dirección de todo el equipo de trabajo, revisará que se cumpla a cabalidad el cronograma del proyecto.

Profesional de calidad: Controlar la calidad en la ejecución de actividades del proyecto.

Profesional junior analista de información: Análisis de información, validación y soporte sobre el cumplimiento de las actividades del cronograma del proyecto.

Tecnólogo en levantamiento de redes: Validación sobre la ejecución de las actividades en terreno.

---

### 3.2.2. Plan de gestión del alcance.

A continuación se presenta el plan de gestión del alcance.

---

#### PLAN DE GESTIÓN DE ALCANCE.

##### Título del

##### proyecto :

**Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.**

##### Fecha :

**07/07/2016**

##### Enunciado del Alcance

Formulación, diagnóstico y diseño de un plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 propiedad del operador de red del Meta en el municipio de Puerto López-Meta, que permita mejorar los indicadores de calidad del circuito con el presupuesto y tiempo establecidos, direccionado desde la gerencia de proyectos, donde se analizó los indicadores de calidad del servicio reportados en la CREG para el circuito PL0103 evidenciándose la necesidad de mejorar la prestación del servicio de energía eléctrica a sus clientes. Se desarrolló el árbol de problemas y de objetivos para identificar la problemática a resolver y posteriormente se realizó la estructura de desagregación del trabajo.

##### Estructura de la EDT

La estructura de desagregación del trabajo se desarrolló por entregables, los entregables de nivel 2 son:

- Diagnóstico
- Ingeniería
- Implementación
- Adquisiciones
- Gerencia de proyectos

La estructura de desagregación del trabajo se presenta en el Anexo O.

##### Diccionario de la EDT

El diccionario de la EDT se realiza a tercer nivel de desagregación y contiene los siguientes datos:

- Nombre del paquete de trabajo
- Código de cuenta
- Descripción del trabajo
- Fecha de inicio y terminación
- Id
- Actividad
- Duración
- Responsable



El diccionario de la EDT se presenta en el Anexo N.

### **Mantenimiento de la línea base del alcance**

Todo cambio que se realice al proyecto y que pueda afectar el alcance será analizado, identificando los factores ambientales que pueden afectar sustancialmente los tiempos y costos del proyecto. Para lo cual se debe realizar monitoreo y control dando las alertas respectivas. En el caso de tener un atraso de más de 5 días en el total del proyecto se debe reportar al interventor interno designado por el operador de red del Meta y al gerente de distribución.

### **Cambios de alcance**

En la fase de diagnóstico e ingeniería, se solicitan avances semanales de los diseños y del proceso de aprobación del plan por parte del operador de red del Meta.

Se verificará el alcance por medio de 2 reuniones semanales los días miércoles y viernes en la ejecución del proyecto en las fases:

- Diagnóstico.
- Ingeniería
- Adquisiciones
- Implementación

En las que participan el coordinador operativo, director del proyecto y el gestor del contrato representante del operador de red.

### **Aceptación de entregables**

Se realiza entrega del plan RCM para el circuito PL0103, el cual debe estar acorde con la normatividad de calidad en la prestación del servicio y enmarcado dentro de la triple restricción definida por el operador de red.

Las fases de ingeniería, adquisiciones e implementación modelo RCM se aceptarán conforme se ejecute cada actividad y será verificado por el interventor interno del operador de red.

### **Alcance y requisitos de aceptación**

- Aprobación del plan por parte del gestor del contrato del operador de red del Meta
  - Aprobación del presupuesto y cronograma del proyecto por parte del gestor del contrato del operador de red.
  - Aprobación de cada uno de los entregables con el cumplimiento de reglamento y requerimientos establecidos por el operador de red del Meta.
-

### 3.2.3. Plan de gestión del tiempo.

A continuación se presenta el plan de gestión del tiempo.

---

#### PLAN DE GESTIÓN DEL TIEMPO.

**Título del proyecto :** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

**Fecha :** 07/07/2016

#### Metodología de programación

El método de programación para el proyecto Plan de RCM para la red de 13,2 kV Circuito PL0103 fue ruta crítica, lo que permitirá determinar la duración total del proyecto la cual será de 282 días, se definirán cada una de las actividades dentro de las etapas del proyecto:

- Diagnóstico
- Ingeniería
- Adquisiciones
- Implementación
- Gerencia de proyectos

Se definirá su duración y secuencia, se usará como software principal Microsoft Project y juicio de expertos para la determinación de la duración de las tareas.

#### Herramientas del cronograma

La herramienta primordial en la elaboración del cronograma del proyecto es el software *Microsoft Project*.

Nivel de precisión	Unidades de medida	Umbrales de control
La duración total del proyecto es de 282 días con fecha de iniciación: Lunes 03/10/2016 y fecha de finalización martes 04/10/2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Día</li> <li>• Hora</li> <li>• Semana</li> <li>• Mes</li> </ul>	<p>Se realizarán 3 cortes en la semana 16, 32 y 42 a fin de determinar los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CPI.</li> <li>➤ SPI.</li> <li>➤ AC.</li> <li>➤ EV.</li> <li>➤ ETC.</li> <li>➤ EAC.</li> </ul> <p>Se tomarán acciones correctivas a fin de cumplir con el alcance, tiempo y costo predefinidos, dependiendo si se encuentra</p>

		atrasado y/o en sobrecosto el proyecto
--	--	--

### **Informe Horarios y formatos**

Se realizarán reuniones de seguimiento semanales a fin de mostrar el avance del proyecto al *Sponsor* del proyecto (Operador de red del Meta), la información quedará consolidada con actas de reunión de seguimiento.

### **Gestión del proceso**

Identificación de actividades	Las actividades o acciones específicas a realizar para generar los entregables del proyecto se encuentran enlistadas según el Anexo V. Actividades.
Secuencia de actividades	Las relaciones existentes entre las actividades y su secuenciación e indican según el Anexo V. Actividades comienzo-fin.
Estimación de recursos	Los recursos para la ejecución de cada una de las actividades se enlistan en el Anexo V.
Estimación de esfuerzo y duración	La estimación del trabajo necesario para la finalización de cada una de las actividades se enlista en el Anexo V. Duración.
Actualización, monitoreo y control	<p>En las semanas 12, 24 y 36 se realizarán cortes a fin de determinar los indicadores, con la técnica de valor ganado, según se indica el numeral 3.1.4.3. Valor ganado, el indicador principal para evaluar el avance del proyecto es.</p> <p>➤ SPI.</p>

### 3.2.4. Plan de gestión de costos.

A continuación se presenta el plan de gestión de costos.

---

#### PLAN DE GESTIÓN DE COSTOS.

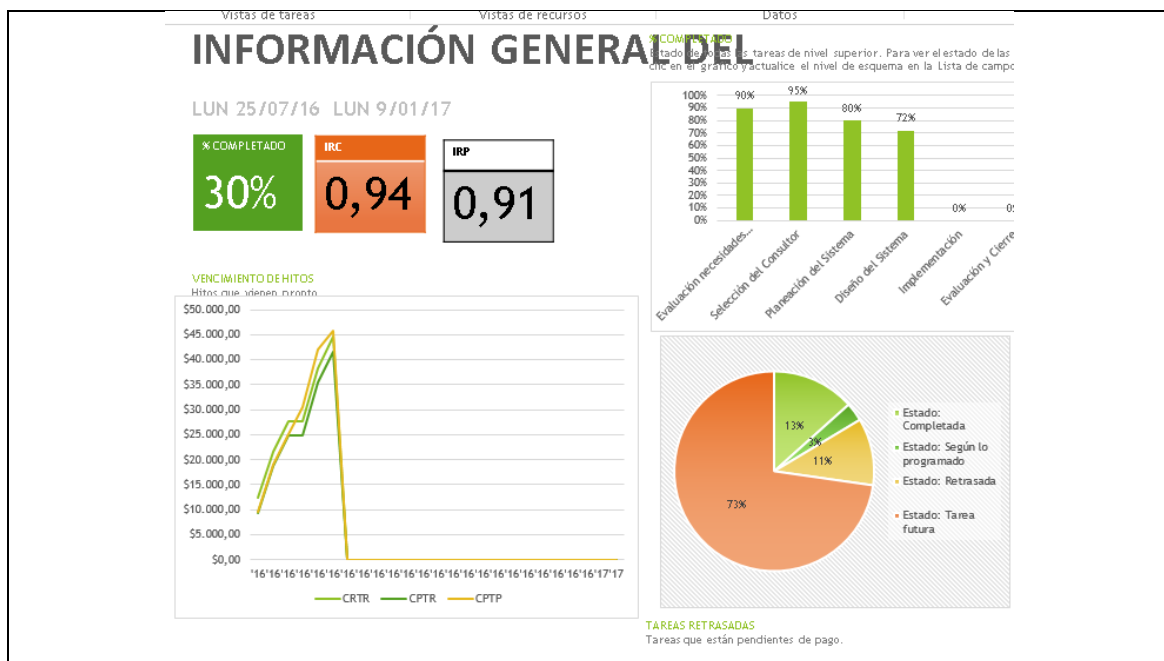
**Título del proyecto :** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.

**Fecha :** 07/07/2016

Nivel de precisión:	Unidades de medida:	Umbrales de control:
El valor del presupuesto y de costo se expresa en pesos colombianos (COP\$). 145.575.618,56	(COP\$)/Día (COP\$)/Unidad.	Desviación del 5% por encima de lo proyectado.
<b>Reglas en la medición de desempeño.</b>		
<p>Durante la ejecución del proyecto se realizarán seguimientos periódicos semanales con el fin de estimando tanto el desempeño como el costo ejecutado durante el avance del proyecto con cuenta de control a tercer nivel, evaluándose los siguientes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CPI.</li> <li>➤ SPI.</li> <li>➤ AC.</li> <li>➤ EV.</li> <li>➤ ETC.</li> <li>➤ EAC.</li> </ul> <p>Basado en la técnica de Valor Ganado. Ver numeral 3.1.4.3.</p>		

#### Reporte de costos y formato:

Al ser un proyecto con una duración aproximada de 11 meses, se realizará una revisión semanal evaluando el desempeño del proyecto con ayuda de la herramienta Microsoft Project, por medio de la técnica de valor ganado, en donde la curva “S” de presupuesto y avance serán analizadas, en cada revisión se define el formato mostrándose de manera resumida el informe de la gestión de costos a nivel de cuentas de control, los contratiempos que se hayan tenido y las medidas a tomar si existe alguna desviación con lo planificado, a continuación se muestra el modelo de informe de gestión:



### Gestión de los procesos:

<p><b>Estimación de los costos:</b></p>	<p>La estimación de los costos es realizada en base a la línea base del alcance, el cronograma del proyecto y los riesgos asociados.</p> <p>La estimación de costos del presente proyecto se debe realizar asignándole costo a los paquetes de trabajo ya sea utilizando las herramientas de juicio de expertos y estimación análoga, el costo de contingencia se obtiene del análisis de riesgos, y finalmente debe estar aprobado por el gestor del contrato designado del operador de red.</p> <p>Solo si es requerido para mayor exactitud del costo de un paquete de trabajo el gestor podrá exigir el análisis de precios unitarios (A.P.U) de dicho paquete de trabajo.</p>
<p><b>Desarrollo del presupuesto.</b></p>	<p>Asignación de costos a cada paquete de trabajo se debe presentar al gestor del operador de red para su aprobación incluyendo el costo de contingencia.</p> <p>Este documento es de responsabilidad el gerente de proyectos y aprobado por el interventor interno del operador de red, consiste en realizar la suma de los costos estimados para cada actividad del proyecto o paquetes de trabajo estableciendo la línea base de costos para efectos de monitoreo y control.</p> <p>Se utilizará el análisis de la reserva de contingencia y el juicio de expertos.</p>

<b>Actualización, seguimiento y control de costos</b>	<p>Para el control de los costos se tiene en cuenta las siguientes entradas y herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la gestión del valor ganado.</li> <li>• Comparar los resultados reales con la línea base.</li> <li>• Validación del índice de desempeño TCPI.</li> <li>• Realizar control integrado de los cambios si se requiere.</li> </ul> <p>Se realizarán las correspondientes solicitudes de cambio y actualizaciones al plan del proyecto de requerirse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toda variación que se encuentre por fuera del 5% del presupuesto será considerado como un alerta y deberá ser transmitido al gestor del contrato designado por el operador de red.</li> </ul>
---	---

### 3.2.5. Plan de gestión de la calidad.

A continuación se presenta el plan de gestión de la calidad del proyecto.

#### PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.

**Título del proyecto**

**:** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103

**Fecha :** 07/07/2016

**Roles**

**Responsabilidades**

1. Operador de Red, del Meta

1.1. Verificar y aprobar cada uno de entregables una vez aprobados por la interventoría.

1.2. Asignar gestor para el proyecto.

2.1. Verificar y aprobar cada uno de los entregables a nivel técnico.

2.2. Plantear y respaldar acciones preventivas y correctivas con el fin de mejorar la calidad.

2.3. Tomar medidas y generar alternativas de solución cuando existan desviaciones respecto a lo planificado; si la desviación es considerable debe ser transmitida inmediatamente al *Sponsor*.

2. Gerente del proyecto.

3. Director del

3.1. Verificar e Identificar con el equipo de trabajo los riesgos

proyecto.	<p>relacionados al aseguramiento de calidad.</p> <p>3.2. Verifica y definir con el equipo de trabajo los procesos requeridos para controlar la calidad.</p> <p>3.3. Verifica y presentar en los periodos establecidos los informes de calidad.</p> <p>3.4. Revisar y aprobar las solicitudes de cambio que se encuentren dentro de su alcance e informar las solicitudes de cambio que se necesiten la aprobación del <i>Sponsor</i>, al igual que evaluar el impacto que genere sobre el proyecto dichos cambios.</p> <p>3.5. Verifica y presentar los entregables para la aprobación de la gestión del contrato y el <i>Sponsor</i>.</p>
4. Equipo de proyecto.	<p>4.1. Planificar el programa de prevención para el aseguramiento de la calidad.</p> <p>4.2. Mantener el programa de aseguramiento de la calidad por medio de evaluaciones de desempeño al equipo de trabajo.</p> <p>4.3. Realizar los informes de avance del proyecto teniendo en cuenta el cumplimiento de metas y objetivos de calidad.</p> <p>4.4. Realizar las actividades programadas aplicando los procesos de gestión de calidad.</p> <p>4.5. Reportar las no conformidades relacionadas a la gestión de calidad al coordinador operativo o director del proyecto, de ser necesario al <i>Sponsor</i>.</p>

#### **Planificación de la calidad.**

La calidad para este proyecto se enfoca tanto al proyecto como al producto que se entrega al *Sponsor*, está alineada con la norma ISO 9001, seguridad de trabajo y la guía del PMBOK®.

El proyecto debe contar y cumplir con la normativa vigente al momento de la ejecución, además el modelo implementado debe estar completamente alineado con la teoría del RCM.

Referente a los requisitos del sistema de gestión de la calidad de la organización:

El proyecto debe contar con un adecuado sistema de HSEQ que vigile y garantice el adecuado funcionamiento, seguridad y calidad en la ejecución del proyecto, éste sistema se basará en la normatividad vigente al interior del operador de red y que aplique para el tipo de actividades a realizar.

- Se utilizará el análisis costo-beneficio
- Se realizarán estudios comparativos
- Reuniones de seguimiento para monitoreo de operaciones de mantenimiento.

Se deberán tomar en consideración y evaluar los siguientes riesgos asociados:

- Falta de conocimiento y capacitaciones para la operación de los nuevos equipos del proyecto

- Ejecución de trabajos en línea viva y de alturas.
- Exposición a la electricidad (arcos, cortocircuitos, contacto directo etc.)
- Equipos y maquinarias defectuosas
- Condiciones operativas y climáticas desfavorables.

Los requisitos y disponibilidad de recursos:

Todos los equipos, herramientas y materiales requeridos en el proyecto deben ser certificados por un ente certificador de productos con certificación de la ONAC.

Se debe contar con personal capacitado en todos los campos del conocimiento, desde el director del proyecto hasta los técnicos en terreno a fin de garantizar la correcta puesta en marcha del proyecto desde sus inicios

Se medirá el costo asociado a cada paquete de trabajo con una variación permitida de  $\pm 10\%$  de lo aprobado para el proyecto y tomando en consideración las reservas de contingencia

Las órdenes de trabajo de mantenimiento deben cumplir con el estándar establecido por el operador de red de lo contrario son afectas de ser un producto no conforme.

Los siguientes documentos serán actualizados en caso de requerirse:

- Matriz de interesados
- Matriz RACI
- EDT del proyecto
- Diccionario de la EDT



### Aseguramiento de la calidad

Se utilizarán herramientas de análisis de procesos, como diagramas de flujo, listas de chequeo, reuniones de seguimiento y auditorías internas para asegurar la calidad dentro de los siguientes aspectos:

- Se debe aumentar la confiabilidad y continuidad en el servicio de energía del circuito de 13,2 kV PL0103 en el municipio de Puerto López en el departamento del Meta
- Debe satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes.
- Debe garantizar la reducción en pago de compensaciones a los entes reguladores por fallas sobre el circuito
- Debe generar beneficio económico para el operador de red.
- Las proyecciones establecidas por los desarrolladores del proyecto referente a tiempos y costos deben ajustarse según parámetros preestablecidos por el operador de red.
- Deben mejorar los indicadores de calidad DES en un 25% y FES en un 25%

La clave fundamental para definir la puesta en marcha del plan RCM es encontrar el punto de equilibrio, que dé como resultado un costo mínimo operativo y de mantenimiento para las redes del circuito conservando la confiabilidad del circuito de 13,2 kV PL0103 en niveles aceptables.

El mantenimiento representa un porcentaje del 5% de la inversión y costo de operatividad del sistema eléctrico de distribución y por ende se justifican los estudios requeridos a fin de determinar la clase y la frecuencia del mantenimiento.

### Control de Calidad

- Se requiere monitoreo constante y preciso a todos los elementos involucrados a fin de establecer si el motivo de la falla sobre el circuito es producto de deficiencia en la calidad de los mantenimientos programados, establecer acciones de corrección.
- Análisis estadístico de la evolución en el tiempo para los fallos definidos sobre los elementos del circuito permitiendo así seguimiento constante de las variables involucradas, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR).
- Medición del desempeño planificado del proyecto vs el desempeño real.
- Adecuado registro de información de los elementos que sean definidos para RCM a fin de reducir la planilla de mantenimiento para programar tareas más precisas.
- Registro adecuado con datos reales del comportamiento de los equipos a través del tiempo.
- Contar con las solicitudes de cambios aprobados sobre paquetes de trabajo del proyecto.
- Monitoreo permanente de los elementos sometidos a RCM a fin de realizar toma rápida de decisiones en el momento de ocurrencia de falla sobre el mismo.

- Validación constante del histórico de fallas para cuando se requiera actuación correctiva sobre los elementos de la red.
- Disponibilidad en *Stock* de elementos sometidos a RCM según el nivel de impacto de cada uno que permitan atender las emergencias en caso de requerirse mantenimiento correctivo.
- Verificación y calibración de los equipos utilizados para la etapa de diagnóstico.
- Usar inspecciones de calidad sobre las operaciones de mantenimiento ejecutadas a fin de determinar el cumplimiento de los estándares solicitados por el operador de red.

---

### 3.2.6. Plan de gestión de recursos humanos.

A continuación se presenta el plan de gestión de recursos humanos.

---

#### PLAN DE GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS.

El proyecto no contará con plan de recurso humano, ya que el contratista beneficiado de la invitación a licitar el proyecto, debe seleccionar su equipo de trabajo con el objetivo de cumplir todos los requerimientos del operador de red (*Sponsor*).

Sin embargo el operador de red deberá asignar un gestor del contrato (gerente de distribución) y un interventor interno (profesional asignado).

---

### 3.2.7. Plan de gestión de las comunicaciones.

A continuación se presenta el plan de las comunicaciones.

#### PLAN DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES.

**Título del proyecto :** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103

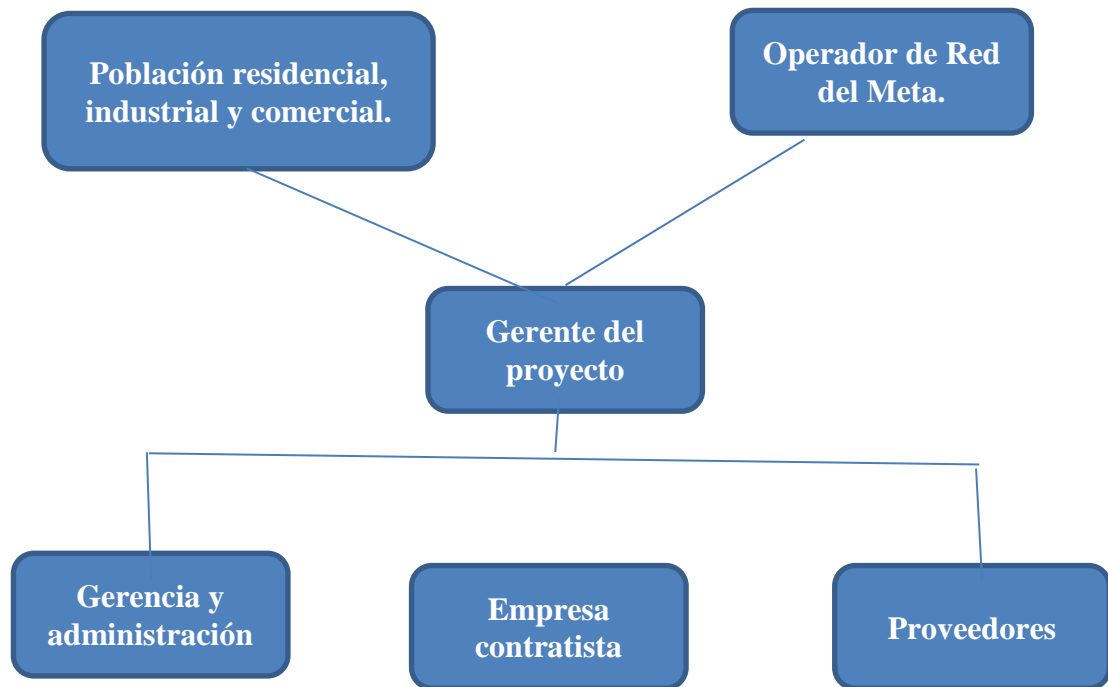
**Fecha :** 07/07/2016

Interesados	Información	Método	Frecuencia	Remitente
Población Rural Municipio Puerto López, alimentados por el circuito 13,2 kV PL0103	Socializar el proyecto. Informar cortes de energía	Verbal, no verbal, auditiva, escrita, visual, por medios de comunicación efectivos, interactiva, tipo <i>push</i>	Cada vez que se requiera.	Gerente del proyecto y operador de red
Sector Residencial, Comercial, Industrial, ganadero y turístico.	Socializar el proyecto. Informar cortes de energía.	Verbal, no verbal, auditiva, escrita, visual, por medios de comunicación efectivos, interactiva, tipo <i>push</i>	Cada vez que se requiera.	Gerente del proyecto y operador de red.
Operador de red del Meta. EMSA ESP	Informar cortes de energía. Informar avance y cambios en el proyecto.	Verbal, no verbal, escrita, interactiva, tipo <i>push</i>	Cada vez que se requiera.	Gerente del proyecto y operador de red
Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG	Reportar indicadores de calidad	Formal escrita	Cada vez que se requiera.	Operador de red
Proveedores	Informar requerimientos	Verbal y formal escrito	Cada vez que se requiera.	Gerente del proyecto

	de compras y pagos.			
Empresa contratista (Tercerización proceso)	Información avance del proyecto. Informar cronograma. Información técnica y seguridad de la obra.	Verbal, no verbal, auditiva, escrita, visual, interactiva, tipo <i>push</i>	Cada vez que se requiera.	Gerente del proyecto
Supuestos		Restricción		
Que los todos medios y canales de comunicación estén disponibles constantemente y que todos tengan acceso		La información del proyecto será suministrada de acuerdo a las necesidades del contratista.		
Que el gerente del proyecto y equipo de proyecto tengan la experiencia requerida en comunicaciones, que sea clara y fluida.		Las comunicaciones que requieran un carácter formal deben ser obligatoriamente escritas.		

#### Glosario de términos o acrónimos.

- **Comunicación verbal:** es el tipo de comunicación en la que se utilizan signos en el mensaje. Los signos son arbitrarios y/o convencionales, ya que expresan lo que se transmite y además son lineales; cada símbolo va uno detrás de otro.
- **Comunicación interactiva:** Entre dos o más partes que realizan un intercambio de información de tipo multidireccional incluye reuniones, llamadas telefónicas, mensajería instantánea y videoconferencias. (PMI).
- **Comunicación de tipo *push* (Empujar):** Enviada a receptores específicos que necesitan recibir la información incluye cartas, memorandos, informes, correos electrónicos, faxes, correos de voz, blogs y comunicados de prensa. (PMI)
- **Red de distribución:** Es la parte del sistema de energía eléctrica, cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta su uso final.
- **RCM:** Mantenimiento centrado en confiabilidad.

**Diagrama de comunicación:**

Fuente: Autores.

---

**3.2.8. Plan de gestión de riesgos.**

A continuación se presenta el plan de gestión de riesgos.

---

**PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS**

**Título del proyecto :** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103

---

**Fecha :** 07/07/2016

---

**Methodology**

Con el objetivo de realizar el análisis cualitativo y cuantitativo es necesario referenciar los supuestos necesarios para realizar el proyecto; partiendo de esto se plantean los dos tipos de riesgos que se pueden presentar, amenazas u oportunidades.

En el análisis cualitativo se identifica la causa, el efecto y la línea de advertencia, se asignan una probabilidad y unos impactos con el objetivo de priorizar los riesgos.

En el análisis cuantitativo se asigna una probabilidad de ocurrencia y se evalúa el

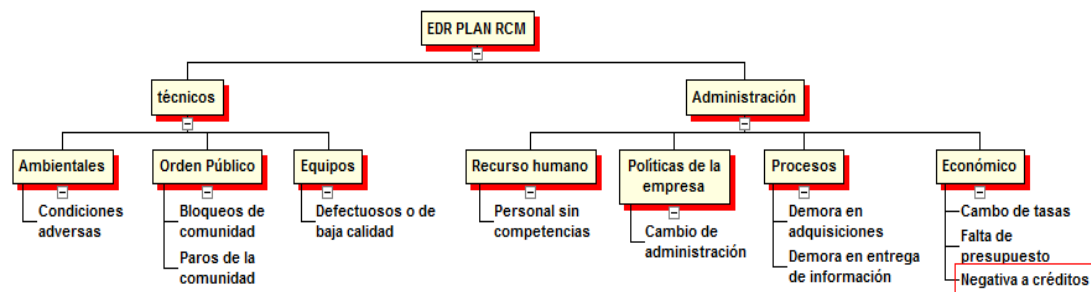
impacto en cuanto costo y tiempo directamente.

### Roles and Responsibilities

Responsable	Rol
<i>Sponsor</i>	Dirigir esfuerzos para mitigar la posibilidad de que se materialicen los riesgos propios de responsabilidad propia.
Gerente de Proyecto	Administrar y gestionar adecuadamente los recursos cada vez que se materialice un riesgo.
Coordinador Operativo	Informar tan pronto se produzca una alerta de que un riesgo se puede llegar a materializar.
Grupo de trabajo	Informar tan pronto se materialice un riesgo.

### Risk Categories

A continuación se presenta la estructura de desagregación del riesgo del proyecto.



### Risk Management Funding

El fondo para la gestión de riesgos debe ser de \$ 9.865.000,00 y se obtuvo con el análisis de escenarios posibles si se llegan a materializar o no los riesgos.

ESCENARIOS	COSTO	TIEMPO
Expectativa del <i>Sponsor</i>	\$135.573.114,88	282 Días
Mejor de los casos	$\$135.573.114,88 - \$1.375.000 = \$134.198.114,88$	282 Días
Peor de los casos	$\$135.573.114,88 + \$10.002.500 = \$145.575.114,88$	$282 \text{ Días} + 23,4 \text{ Días} = 305,4 \text{ Días}$

	EMV	$\$135.573.114,88 + \$8.627.500 =$ $\$144.200.614,88$	$282 \text{ Días} + 23,4 \text{ Días} =$ $305,4 \text{ Días}$	

---

### Frequency and Timing

La frecuencia para la verificación del plan de riesgo será semanal, con reuniones de control.

### Stakeholder Risk Tolerances

El grado de tolerancia al riesgo por parte del operador de red es del 20%; es decir el *project risk score* debe ser menor a 0,2.

### Tracking and Audit

La auditoría se realizará con el método de lista de chequeo, en base a los principales riesgos identificados.

---

### 3.2.9. Plan de gestión de las adquisiciones.

A continuación se presenta el plan de gestión de las adquisiciones.

---

### PLAN DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES.

**Título del proyecto:** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103

**Fecha :** 07/07/2016

---

### Procurement Authority

La autoridad para la contratación de la empresa colaboradora, la va a tener directamente el área de abastecimiento del operador de red, con la asesoría y seguimiento del gestor del proyecto.

**Roles and Responsibilities:**

<b>Project Manager</b>  1. Asesorar todo el proceso de contratación. 2. Evaluar las propuestas. 3. Dar el aval del presupuesto del contrato.	<b>Procurement Department</b>  1. Realizar la contratación. 2. Realizar los pagos.
--	---

**Standard Procurement Documents**

1. Minuta del contrato.

**Contract Type**

Todos los ítems y servicios a ser adquiridos para el proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103, serán adquiridos con contrato de precio fijo incluido el arrendamiento el cual estipulado por los 11 meses de ejecución del proyecto, esto quedará enteramente a cargo del gestor del contrato designado por el operador de red quien a su vez realizará las correspondientes licitaciones con varios proveedores de los elementos y servicios a adquirir con el objetivo de que se cumpla con los requerimientos exigidos y las fechas límites estipuladas, tomando en consideración además el costo de estos activos una vez el proveedor es seleccionado para la duración total del proyecto.

**Bonding and Insurance Requirements**

Se deben tomar las siguientes medidas para gestionar los riesgos propios de las adquisiciones.

- Controlar las disposiciones de seguridad, accidentalidad del personal del oferente favorecido y la entrega oportuna de información. Las faltas descontables serán las dispuestas por el Operar de Red del Meta.
- Limitar los interesados en contratar con requerimientos de experiencia en el área del proyecto.
- Exigir el posicionamiento de las empresas que se presenten y el tiempo de experiencia, que se plasme mediante el siguiente cuadro de relación.

**RELACIÓN DE OBRAS EJECUTADAS POR EL PROPONENTE EN  
LOS ÚLTIMOS DOS (2) AÑOS**

CONTR.	VALOR	OBJETO	ENTIDAD CONTRATANTE	FECHA
--------	-------	--------	------------------------	-------




**NOTA:** Esta relación debe ir acompañada de las respectivas certificaciones el proponente puede incluir copia de los contratos finalizados y que estén directamente relacionadas con el objeto de la invitación.

### Selection Criteria

Weight	Criteria
70 puntos	Oferta económica
20 puntos	Experiencia
10 puntos	Capacidad económica

### Procurement Assumptions and Constraints

Existen varias restricciones que deben ser consideradas como parte del plan de gestión de las adquisiciones del proyecto plan RCM del circuito de 13,2 kV PL0103 del operador de red del Meta, estas restricciones se incluirán dentro de la solicitud de la propuesta que será presentada a cada proveedor a fin de determinar si pueden operar con dichas restricciones para la entrega de las adquisiciones requeridas.

#### Cronograma:

Se requiere de la disponibilidad para la fecha establecida de cada uno de los ítems establecidos en el párrafo de definición de las adquisiciones dado no es posible iniciar el proyecto si alguno falta o no está a tiempo dada la poca flexibilidad del cronograma, las actividades necesarias para las adquisiciones, administraciones de contratos así como su diligenciamiento y aprobación deben ser estrictamente completadas según lo establecido dentro del cronograma del proyecto.

#### Costo:

La reserva de contingencia estipulada para el proyecto plan RCM en el circuito de 13,2 kV PL0103 del operador de red del Meta no serán de ninguna manera utilizadas para la gestión de adquisiciones, a menos que se por fuerza mayor deba realizarse algún cambio dentro del plan de la gestión del cambio que afecte directamente las adquisiciones requeridas.

**Alcance:**

Todas las actividades relacionadas con el plan de adquisiciones y las adjudicaciones de los contratos a los proveedores deben estar soportadas dentro del enunciado del alcance del proyecto plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 propiedad del operador de red del Meta, cualquier actividad de adquisición o adjudicación de contrato a los proveedores que dentro de su propuesta no esté soportado por el enunciado del alcance del proyecto no será considerada.

**Recursos:**

Las actividades dentro de las adquisiciones deberán ser ejecutadas con el personal establecido dentro del proyecto que a su vez estará a cargo del gerente asignado al proyecto, ningún recurso será contratado o reubicado para dar soporte al plan de gestión de las adquisiciones.

**Tecnología.**

Las especificaciones de cada uno de los elementos ítems en el párrafo de definición de las adquisiciones, será incluido en el enunciado del trabajo como parte de la solicitud de la propuesta de los proveedores. Mientras que las propuestas pueden incluir sugerencias para elementos de oficina y terreno alternativos según el proveedor lo disponga, las especificaciones básicas para cada elemento deben coincidir exactamente con lo establecido.

**Integration Requirements**

<i>WBS</i>	Las adquisiciones y contratos que se hagan para el diseño e implementación del plan RCM, debe mantener la relación directa con las categorías de la WBS y codificar el contrato de igual manera.
<i>Schedule</i>	Las adquisiciones deben estar ejecutadas como se programaron en el cronograma, y el beneficiario debe dar estricto cumplimiento a cada entrega.
<i>Documentation</i>	Las adquisiciones deben estar soportadas por contratos y facturas.
<i>Risk</i>	<p>El proceso de adquisición y contratación presenta los siguientes riesgos:</p> <p>No adquirir los equipos correctos de las marcas adecuadas que brinden las garantías necesarias.</p> <p>No contratar con una firma que cuente con el personal idóneo.</p>

	<p>El aumento de valor del dólar, para compras de equipos especiales.</p> <p>Contratar y adquirir con proveedores nuevos.</p> <p>Retrasos en equipos especiales como las cámaras de termografía y ultrasonido</p>
<i>Performance Reporting</i>	El desempeño de las adquisiciones debe ser evaluado en cada entrega que se realice y para ello se determina que debe ser periódico cada mes.

#### Performance Metrics

<i>Domain</i>	<i>Metric Measurement</i>
Puntualidad en la entrega	<p>Calificación excelente si entrega en la fecha acordada</p> <p>Calificación buena con hasta dos días de retraso</p> <p>Calificación mala si se retrasa más de dos días la entrega</p>
Calidad	El entregable debe cumplir el 100% de los requisitos

### 3.2.10. Plan de gestión de interesados.

A continuación se presenta el plan de gestión de interesados.

#### PLAN DE GESTIÓN DE INTERESADOS.

**Título del proyecto:** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103

**Fecha :** 07/07/2016

Interesado	Desconocedor	Reticente	Neutral	Partidario	Líder
Población Rural Municipio Puerto López, alimentados por el Circuito de 13,2 kV PL0103.	C		D		
Sector Residencial, Comercial, Industrial, ganadero y turístico.	C		D		

Empresa Operador de Red del Meta.					CD
Empresa Contratista (Tercerización proceso)					CD

C = Nivel actual de compromiso D = Nivel deseado de compromiso

Interesados	Necesidades de comunicación	Método/Medio	Tiempo /Frecuencia
Población Rural Municipio Puerto López, alimentados por el Circuito de 13,2 kV PL0103.	Socializar el proyecto. Información de suspensión del servicio en caso de requerirse.	Verbal, radio, charlas.	Al inicio del proyecto. Cuando se requiera, en la ejecución del proyecto.
Sector Residencial, Comercial, Industrial, ganadero y turístico.	Socializar el proyecto. Información de suspensión del servicio en caso de requerirse	Verbal, radio, charlas.	Al inicio del proyecto. Cuando se requiera, en la ejecución del proyecto.
Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG	Reporte de los indicadores de calidad por parte del operador de red	Mail.	Al inicio del proyecto. Cuando se requiera, durante la ejecución del proyecto.
Operador de Red del Meta.	Avance del proyecto, reportes del estado del proyecto: cronograma, riegos, problemas y cambios.	Reuniones. Mail.	Al inicio del proyecto. Cuando se requiera, en la ejecución del proyecto.
Empresa Contratista (Tercerización proceso)	Avance del proyecto, reportes del estado del proyecto: cronograma, riegos, problemas y cambios.	Reuniones. Mail.	Al inicio del Proyecto. Cuando se requiera, en la ejecución del proyecto.

### Cambios pendientes de las partes interesadas

Una vez que el proyecto eléctrico sea aprobado por el operador de red se deben seguir los lineamientos aprobados.

### Relación entre los interesados

Operador de Red - Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG  
 Operador de Red - Empresa Contratista.  
 Empresa Contratista – *Sponsor* - Sector residencial, comercial, industrial, ganadero y

turístico.

### Enfoque de participación de los interesados

Interesados	Enfoque
Población Rural Municipio Puerto López, alimentados por el circuito de 13,2 kV PL0103.	Socializar el proyecto por medio de charlas y anuncios en medio radial, resolver las dudas que la población pueda tener con el desarrollo de proyecto. En la fase de ejecución del proyecto abrir espacios para la atención a la comunidad en caso de requerirse.
Sector Residencial, Comercial, Industrial, ganadero y turístico.	Socializar el proyecto por medio de charlas y anuncios en medio radial, resolver las dudas que la población pueda tener con el desarrollo de proyecto. En la fase de ejecución del proyecto abrir espacios para la atención a la comunidad en caso de requerirse.
Empresa Contratista (Tercerización proceso)	Presentación del Proyecto al equipo, reuniones de seguimiento, responsabilidades y seguridad.
Proveedor	Socializar el proyecto, invitación a cotizar y negociación.
Personal entidad ARL	Validación niveles de riesgo con los que están reportados los funcionarios del proyecto, teniendo en cuenta que no es personal directo y se realiza trabajo en desplazamiento a pie. Solicitud capacitaciones en riesgos, seguridad y autocuidado.

### 3.2.11. Plan de gestión de cambios.

A continuación se presenta el plan de gestión de cambios.

## PLAN DE GESTIÓN DE CAMBIOS

Plan de RCM para el      Date  
Project Title circuito de 13,2 kV PL0103 Prepared: 07/07/2016

### Change Management Approach:

Los cambios que requieran realizarse sobre el proyecto serán identificados desde la planeación del proyecto investigando la causa raíz y estableciendo nuevas soluciones o estrategias a fin de que el objetivo general del proyecto no se afecte, deberá hacerse seguimiento semanal al cumplimiento de las actividades para evaluar el progreso de las mismas, se realizará seguimiento según lo establecido en el cronograma mediante el

control integrado de cambios.

### Definitions of Change:

<p><i>Schedule change:</i> Realización mediante formato de revisión de la programación para cada actividad a 3er nivel de desagregación, en caso de presentarse retrasos debido a la actividad será objeto de análisis en caso tal que deba liquidarse o validar soluciones a implementar. Anexo N</p>
<p><i>Budget change:</i> En caso tal de que exista un retraso en la programación, el presupuesto deberá ser objeto de cambio a fin de analizar la causa de su afectación y las soluciones posibles. Se realizará cambio sobre el presupuesto o actividad si se presentan re procesos que afecten el presupuesto estimado, buscando alternativas de solución sobre el valor de los recursos a adquirir o sobre las holguras disponibles en el cronograma con el objetivo de no afectar de manera significativa la línea base del proyecto.</p>
<p><i>Scope change:</i> Los cambios serán ejecutados una vez cuente con la aprobación del director del proyecto (PM) previo diligenciamiento del formato de cambios correspondiente.</p>
<p><i>Project document changes:</i> Validación de inclusión de “Otro sí” al contrato en caso de requerir actividades no programadas sobre la línea base del proyecto.</p>

### Change Control Board:

<i>Name</i>	<i>Role</i>	<i>Responsibility</i>	<i>Authority</i>
Gestor del contrato	Representante por parte del operador de red del Meta.	Control, análisis y aprobación sobre el proceso de cambios.	Alta
Director del Proyecto (PM)	Representante plan RCM.	Planificación, coordinación, control, análisis y aprobación sobre el proceso de cambios.	Alta
Coordinador operativo	Representante plan RCM.	Control, y análisis sobre el proceso de cambios.	Media
Profesional de calidad	Representante plan RCM.	Control, análisis y planificación sobre el proceso de cambios.	Media

### Change Control Process:

<i>Change request submittal</i>	Formato de control de cambios radicado según fechas establecidas en el cronograma donde explique el motive, costo y tiempo para la ejecución del cambio.
---------------------------------	--

	Una vez concluida la labor de la empresa contratista para la ejecución de plan RCM en el circuito PL0103 se firmará acta de terminación aclarando los cambios realizados.
<i>Change request tracking</i>	Debe tenerse autorización firmada por parte del gestor del contrato y el director del proyecto para cada cambio establecido, se incluirán pólizas en caso de requerirse y se dará inicio a la ejecución del cambio.
<i>Change request review</i>	<p>Análisis del impacto sobre la línea base del proyecto que conlleva el inicio de una actividad relacionada con el cambio a aprobar, aprobación de la documentación pertinente y comienzo de la nueva tarea.</p> <p>Reuniones de seguimiento para discusión de control de cambios, auditorías y seguimiento sobre el cambio a ejecutar a fin de validar el impacto sobre la línea base del proyecto.</p>
<i>Change request disposition</i>	Se aceptarán o rechazarán los cambios cuando estos no afecten la reserva de contingencia para la tarea definida, igualmente se aceptarán o rechazarán dependiendo de la afectación sobre la ruta crítica del proyecto.

*Attach relevant forms used in the change control process.*

#### Revisión programa

Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103					
Revisión programada				Fecha de modificación: 07/07/2016	Versión 1.1
Ítem	Actividad	Observaciones	Soluciones posibles	Afectación en días sobre el presupuesto	Costo de afectación

#### Cambio de actividad

Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103		
Cambio de actividad	Fecha de modificación: 07/07/2016	Versión 1.1





### Referencias bibliográficas

Alcaldía del Meta. (2012). *Conócenos y vívenos*. Obtenido de <http://www.restrepo-meta.gov.co>

Ariztizabal, M. (2013). Proyectos presentados nueva legislatura > Homenaje municipio San Juanito > Proyecto de Ley. Obtenido de <http://www.secretariassenado.gov.co/PROYECTOS%20DE%20LEY%20PRESENTADOS%20EN%20NUEVA%20LEGISLATURA%202013%202014/PL%2036-13%20S%20DE%20SAN%20JUANITO.pdf>

Castaño S. (2015). *Redes de distribución de energía*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/3393/1/958-9322-86-7> Parte 1.

Castaño, S. R. (2015). *Redes de Distribución de Energía* (pág. 881). Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

CELSIA - EPSA. (2014). *Políticas y calidad de servicio*. Obtenido de <http://www.epsa.com.co/nosotros/sobre-epsa/pol%C3%ADticas-y-adhesiones/pol%C3%ADticas/calidad-del-servicio>.

Codensa. (2015). *Likinormas*. Obtenido de <http://likinormas.micodensa.com/>

Doffua, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. Mexico: Limusa.

Electrificadora del Meta. (2015). *La EMSA ha involucrado la energía eléctrica a todos los sectores de la Región, extendiendo sus redes y promoviendo la apertura de caminos para el desarrollo*. Obtenido de <http://www.electrificadoradelmeta.com.co/>.

Federación colombiana de Municipios. (2010). *Información municipal para la toma de decisiones - Ficha técnica - San Juanito (Meta)*. Obtenido de [http://www2.fcm.org.co/appfichamun/pdfs/ficha\\_50686000.pdf](http://www2.fcm.org.co/appfichamun/pdfs/ficha_50686000.pdf)

Google Books (2004). *Redes de Distribucion de energía*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=YP5dPTz4C&pg=PA68&lpg=PA68&dq=Un+alambre+o+combinaci%C3%B3n+de+alambres+no+aislados+entre+s%C3%AD,+adecuados+para+transmitir+corriente+el%C3%A9ctrica.&source=bl&ots=1CQ-&sig=YSy0WI9snT6uME7AHkAOAtahAJk&hl=es&s>

Hernandez, J. (2013). *Sistema eléctrico de potencia*. Obtenido de <http://www.tuveras.com/lineas/sistemaelectrico.htm>

Ministerio de Minas y Energía . (30 de Agosto de 2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Bogotá D.C, Colombia*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>

LehighUniversity. (2016). *The Tribology Laboratory > FMEA template*. Obtenido de <http://www.lehigh.edu/~intribos/Resources/FMEA-template.xls>

Ministerio de Industria Comercio y Turismo (2010). *Plan Maestro de Turismo del Meta*.

Obtenido de <http://www.mincit.gov.co/minturismo/descargar.php?id=66410>

Oliveira M.J. (Octubre de 2011). *Gestión del mantenimiento en el sector eléctrico*.

Obtenido de [http://www.ece.ufrgs.br/gmasp/publicacoes/artigos/2011\\_arg.pdf](http://www.ece.ufrgs.br/gmasp/publicacoes/artigos/2011_arg.pdf).

Project Management Institute.(2013) *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos PMBOK® — Quinta edición*. Pensilvania: Project Management Institute, Inc.

Ruiz, A. (2013). *Métodos de la comunicacion humana*. Obtenido de [http://www.ehowenespanol.com/metodos-comunicacion-humana-lista\\_104453/](http://www.ehowenespanol.com/metodos-comunicacion-humana-lista_104453/)

Sisitema Unico de Información de servicios Públicos. (2016). *Reportes* . Obtenido de [http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele\\_tec\\_069](http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_tec_069)

Técnico Científico. (2015). *Equipos de diagnóstico en mantenimiento*. Obtenido de <http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL.01-MEC01.pdf>.

Wikipedia. (2015). *Estado del arte*. Obtenido de <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjindGCt6HPAhVJzz4KHXPnAdkQkA4IHSgAMAA&url=http%3A%2F%2Fes>.

Wikipedia. (2015). *Red Distribución*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_de\\_distribuci%C3%B3n\\_de\\_energ%C3%ADa\\_el%C3%A9ctrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_distribuci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica)

Wikipedia. (2015). *Sistema de suministro eléctrico*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_suministro\\_el%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_suministro_el%C3%A9ctrico)

Wikipedia. (2015). *Tensión*. Obtenido de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n\\_%28electricidad%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_%28electricidad%29)

Wikipedia. (2015). *Transformador*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>

Wikipedia. (23 de Mayo de 2016). *Puerto López*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto\\_L%C3%B3pez](https://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_L%C3%B3pez)

## Anexos

### Anexo A. Análisis modal de fallos y efectos circuito PL0103.

Elemento/ Función	Modo(s) potencial(es) de fallo	Efecto(s) potencial(es) del fallo	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Responsable (s) y fecha de realización
Transformador de distribución	Pérdida de aceite, cortocircuito y fallo general.	Ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Defectos de fabricación, sobrecarga, sobretensión, falla en las protecciones (no se activan cuando se requieren), humedad y falta de mantenimiento.	8	Inspección visual, verificación cantidad de usuarios conectados.	2	48	Validación visual, análisis de termografía y ultrasonido, validación nivel de tensión.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
Líneas de BT en red abierta	Ramas sobre las líneas, líneas reventada o próxima a reventarse.	Activación de las protecciones del transformador asociado, ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Falta de mantenimiento sobre las líneas, caída o desplome de poste y crecimiento de vegetación alrededor de la red.	7	Inspección visual, poda de vegetación alrededor de la red.	2	42	Validación visual, poda de vegetación sobre la red, mantenimiento de la línea sobre la estructura, validación del terreno donde se encuentra los postes y posible cambio de poste.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.

Líneas de MT	Ramas sobre las líneas, líneas reventada o próxima a reventarse.	Activación de las protecciones de línea dependiendo el ramal donde ocurre la falla, activación del reconector aguas arriba de donde ocurre la falla.	6	Falta de mantenimiento sobre las líneas, caída o desplome de poste, crecimiento de vegetación alrededor de la red.	5	Inspección visual, poda de vegetación alrededor de la red, mantenimiento ocasional de la línea sobre la estructura de MT.	1	30	Validación visual, poda de vegetación sobre la red, mantenimiento de la línea sobre la estructura de MT, validación del terreno donde se encuentra los postes y posible cambio de poste.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
Protección del transformador (cañuelas)	Cañuelas caídas, quemadas o sueltas.	Ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Falta de mantenimiento de las protecciones del transformador, vegetación sobre la red de BT, cortocircuito en BT.	8	Mantenimiento ocasional sobre la red de BT, poda ocasional sobre la red de BT, cambio o cierre de la protección cuando la causa real no se determina.	2	48	Mantenimiento sobre la red de BT, mantenimiento protecciones del transformador, poda de vegetación en líneas de BT, inspecciones periódicas sobre instalaciones eléctricas a usuarios, mantenimiento o cambio de las protecciones del transformador.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.

Reconector automático	Falla en equipo de maniobra /reconector, intervalos de reconexión y cantidad de reconexiones fuera de parámetros establecidos, no reconexión después de la falla.	Ramal(es) del circuito PL0103 sin energía, totalidad del circuito PL0103 sin energía.	7	Reconectores obsoletos con elementos de aislamiento en aire o aceite, fugas sobre el reconector, fallo en el mando a distancia, fallo en la programación del reconector.	4	Validación visual sobre el reconector, cambio del equipo o mantenimiento correctivo sobre la conexión al panel de control, mantenimiento correctivo sobre la unidad de telecontrol.	3	84	Verificación mediante termografías y ultrasonido, mantenimiento del equipo, cambio del equipo por unidad con SF6 y telecontrol en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
DPS	DPS averiado/quemado.	Equipos y elementos de la red sin protección por sobretensión derivada de descargas atmosféricas.	6	Descargas atmosféricas constantes, falta de verificación del DPS.	4	Verificación ocasional de funcionamiento del DPS, cambio ocasional del elemento solo si se tiene certeza del daño y de su localización.	7	168	Verificación de funcionamiento del DPS una vez las condiciones atmosféricas lo permitan, cambio del elemento en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
Herrajes de la estructura (Poste) MT	Daño en crucetas, soportes y herrajes de la red.	Caída de líneas de MT, pérdida de aislamiento de la red, activación de protecciones aguas arriba, ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Elementos obsoletos o dañados por el ambiente, herrajes de mala calidad y propensos a la oxidación, esfuerzos mecánicos elevados ocasionados por el peso debido a la longitud y ángulo del vano de red.	4	Verificación visual ocasional, cambio de los herrajes en caso de requerirse.	2	24	Verificación visual programada, mantenimiento de los herrajes, cambio de los herrajes en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación semestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.

Aislador	Daño en el aislador, ruptura y pérdida de aislamiento de la red.	Caída de líneas de MT, pérdida de aislamiento de la red, activación de protecciones aguas arriba, ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Elementos obsoletos o dañados por el ambiente, herrajes de mala calidad y propensos a la oxidación, esfuerzos mecánicos elevados ocasionados por el peso debido a la longitud y ángulo del vano de red.	4	Verificación visual ocasional, cambio del aislador en caso de requerirse.	2	24	Verificación visual programada, cambio del aislador en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
Puente en MT	Rotura de puente sobre las líneas de MT.	Ramal del circuito PL0103 sin energía.	2	Falta de mantenimiento sobre las líneas de MT.	6	Verificación visual ocasional, cambio del puente en caso de requerirse.	1	12	Verificación visual programada, cambio del puente en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
Protecciones de línea	Cortacircuitos quemadas o sueltos.	Ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Falta de mantenimiento de las protecciones de la red, vegetación sobre la red de MT, cortocircuito en MT.	5	Mantenimiento ocasional sobre la red de MT, poda ocasional de vegetación sobre la red de MT, cambio o cierre de la protección cuando la causa real no se determina.	2	30	Mantenimiento sobre la red de MT, mantenimiento protecciones de la red, poda de vegetación en líneas de MT, inspecciones periódicas sobre las líneas de distribución, mantenimiento o cambio de las protecciones.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación trimestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.



Poste en BT	Poste inclinado/poste caído.	Ramal del circuito PL0103 sin energía.	3	Postes obsoletos de madera fisurados y en malas condiciones, terreno inestable.	4	Validación ocasional de las estructuras de la red, cambio ocasional únicamente cuando se fractura o cae el poste.	2	24	Validación periódica de las estructuras de la red, pruebas de resistencia mecánicas y de estabilidad del terreno, validación de la integridad de la estructura validación de la base del poste, cambio por poste metálico o de ferro-concreto en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación semestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.
Poste en MT	Poste inclinado/poste caído.	Ramal del circuito PL0103 sin energía.	4	Postes obsoletos de madera fisurados y en malas condiciones, terreno inestable.	5	Validación ocasional de las estructuras de la red, cambio ocasional únicamente cuando se fractura o cae el poste.	3	60	Validación periódica de las estructuras de la red, pruebas de resistencia mecánicas y de estabilidad del terreno, validación de la integridad de la estructura validación de la base del poste, cambio por poste metálico o de ferro-concreto en caso de requerirse.	Empresa contratista del operador de red del Meta, validación semestral desde la implementación del plan RCM para el circuito PL0103.

Fuente. Autores.

## Anexo B. Análisis PESTLE Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103.

ANÁLISIS PESTLE													
componente	Factor	Descripción del factor en el entorno del proyecto	Procesos					Nivel de incidencia					Incidencia en el proyecto y recomendación inicial
			I	P	Im	C	Cr	Mn	N	I	P	Mp	
Político	Organización : EMSA ESP	Las políticas de la EMSA y la necesidad de mejorar la calidad del servicio, hace cumplir los estándares establecidos en todos sus procesos.	X	X	X	X	X					X	Tiene sus políticas bien definidas para la contratación, ejecución, interventoría y cierre de los proyectos que contrata y plantea independiente del Gerente General que haya en el momento. Recomendación: Socialización con la Gerencia de los beneficios (mejora de calidad del servicio, reducción de costos de mantenimiento, extrapolación a otros circuitos) que traería a la empresa la implementación del proyecto.
Económico	Inflación	Condiciones de mercado: Los equipos y materiales importados se encarecen por tal motivo el proyecto incrementa su presupuesto.			X				X				Los precios de los equipos y materiales deben ser tenidos en cuenta por el contratista al ofertar y la variación de ellos impacta el costo final del proyecto. Recomendación: Estimar una reserva de contingencia para afrontar un posible caso de inflación.
Social	Demográfico	Demográficamente en las veredas del municipio de Puerto López-Meta se encuentran un alto número de	X		X	X	X		X				Puede presentarse problemas de restricción de acceso a predios privados con administraciones que en algunos casos son controladas desde fuera del municipio de Puerto López. La recomendación es informar de manera

		propiedades privadas con acceso limitado.											oportuna y gestionar la aceptación de las comunidades ubicadas en las veredas de Puerto López, alimentadas por el circuito La Balsa de 13,2 kV.
	Cultural / estilo de vida	En las veredas de Puerto López y al igual que en toda sociedad prima la necesidad del servicio de energía, para tener una calidad de vida adecuada.	X		X	X					X		El consumo de energía de los habitantes de Puerto López es continuo. Recomendación: Procurar minimizar las perturbaciones en la prestación del servicio a los clientes asociados al circuito de La Balsa 13,2 kV.
	Salud	El hospital de Puerto López no tiene una prestación de servicio adecuado, ni cuenta con el recurso humano suficiente para atender la población.		X	X	X	X		X				El personal del proyecto puede presentar enfermedades que no serán atendidas adecuadamente ocasionando afectación y retrasos sobre proyecto. Recomendación: Identificar los centros de atención más cercanos a fin de acudir a éstos cuando sea requerido.
Tecnológico	Tecnologías modernas	El desarrollo tecnológico impulsa el consumo eficiente de energía y por ende de la calidad del servicio.			X	X						X	La comunidad demanda equipos tecnológicos cada vez más susceptibles a variaciones de tensión. Recomendaciones: Prestar un servicio estable y confiable.
	Infraestructura y Equipos para el desarrollo de las operaciones en EMSA ESP.	El uso de equipos modernos de vanguardia.			X	X						X	Los equipos deben tener un nivel de incertidumbre bajo, con el objetivo de obtener resultados precisos. Recomendaciones: Adquirir equipos de alta calidad y marcas reconocidas para el

													desarrollo del proyecto.
Legal	Legislación	Se encuentra bien regulada el sector eléctrico y prestación del servicio de energía eléctrica.			X	X	X					X	Las acciones legales que pueden emprender los clientes por fallas en la prestación del servicio. Recomendaciones: Prestar un servicio de calidad, dentro de los parámetros de la CREG.
Ecológico	Ambiental	El municipio de Puerto López tiene muchas zonas verdes y afluentes hídricas.	X	X	X	X	X					X	La preservación del medio ambiente debe ser fundamental en la ejecución del proyecto. Recomendaciones: No realizar trabajos que afecten los afluentes, ni cortar vegetación nativa y de relevancia ecológica.

**Fase:**

I: Iniciación

P: Planificación

Im: Implementación

C: Control

Cr: Cierre

**Nivel de incidencia:**

Mn: Muy negativo

N: Negativo

I: Indiferente

P: Positivo

Mp: Muy positivo

Fuente: Autores.

## Anexo C. Identificación de riesgos.

REGISTRO DE RIESGOS / IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS										
Id Supuesto	Id Riesgo	PAQUETE DE TRABAJO	OPORTUNIDAD/ AMENAZA	CAUSA	RIESGO	EFFECTO	CATEGORÍA	FUENTE	TRIGGER	RESPONSABLE
1	a	Diagnóstico	Amenaza	Fallas en la recopilación y consolidación de la información.	Indisponibilidad de los indicadores DES y FES requeridos para el proyecto que deben ser entregados por más tardar a los 5 días de firmar acta de inicio.	Entregables fuera de la fecha - modificación de la ruta crítica.	Administración	PM	Datos incompletos e inconsistencia en la información suministrada durante la primera revisión.	<i>Sponsor</i> , PM
2	a	Diagnóstico	Amenaza	Pérdida de información.	Indisponibilidad de los históricos de falla requeridos para el proyecto.	Entregables fuera de la fecha - modificación de la ruta crítica, retraso considerable en la iniciación del contrato.	Administración	PM	No entrega de la información por parte del <i>Sponsor</i> para la primera revisión.	<i>Sponsor</i>
	b	Diagnóstico	Amenaza	Información no calificada, no se identifican todas las causas de las fallas.	Indisponibilidad de los históricos de falla requeridos para el proyecto.	Dificultad en el diseño del plan	Administración	PM	Información no calificada e incompleta para la primera revisión.	<i>Sponsor</i>

	c	Diagnóstico	Oportunidad	Histórico de fallas, completo, información clara y de calidad.	Realizar un estudio que supere los requerimientos.	Eficacia y efectividad en el plan RCM.	Administración	PM	Datos completos y consistentes en la información suministrada durante la primera revisión.	<i>Sponsor</i>
3	a	Ejecución	Amenaza	Flujo de caja detenido, créditos solicitados no aprobados para las fechas establecidas	No contar con el presupuesto establecido para la iniciación del proyecto.	Retraso en la iniciación del proyecto.	Administración	PM	Dinero del anticipo no desembolsado para la fecha establecida.	<i>Sponsor</i>
	b	Ejecución	Oportunidad	Tasas bajas en el mercado.	No afectar el flujo de caja de la empresa.	Fluidez económica para el proyecto.	Administración	PM	Tasa de interés baja para el crédito del proyecto.	<i>Sponsor</i>
4	a	Ejecución	Amenaza	Acompañamiento mínimo por parte del gestor del contrato durante las reuniones de seguimiento.	No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.	Atrasos en la ruta crítica del proyecto, fecha de terminación prolongada.	Administración	PM	No asistencia del Gestor del contrato a las reuniones establecidas o gestión tardía a las solicitudes de cambios y requerimientos.	<i>Sponsor.</i>

5	a	Diagnóstico	Amenaza	Cambios de administración del operador de red, cambio de políticas empresariales.	Cambio significativo en el alcance del proyecto.	Impacto considerable en la triple restricción.	Técnico	PM	Solicitudes de cambio fuera de los límites de permisibilidad establecidos.	<i>Sponsor.</i>
6	a	Diagnóstico -Ejecución- Seguimiento.	Amenaza	Mala comunicación y falta de gestión social por parte del operador de red para con los usuarios del circuito.	La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.	Atraso en la ejecución del plan.	Técnico	PM	Primera alerta por parte de la comunidad al no permitir el ingreso durante el levantamiento de información.	<i>Sponsor</i>
	b	Diagnóstico -Ejecución- Seguimiento.	Oportunidad	Buena comunicación y excelente gestión social por parte del operador de red para con los usuarios del circuito.	La comunidad se convertirá en aliado para la correcta ejecución del proyecto.	Terminar antes de lo establecido.	Técnico	PM	Buena disposición por parte de la comunidad durante el levantamiento inicial de la información.	<i>Sponsor</i>

7	a	Ejecución	Amenaza	Retrasos en el cronograma del proyecto.	Corte de energía sin previa socialización a los usuarios del circuito PL0103 pertinente en los tiempos establecidos ni solicitud oportuna al <i>Sponsor</i> .	Reclamaciones y posibles sanciones.	Técnico	PM	Datos incompletos o falta total de la información de las notificaciones a la comunidad del circuito dentro de los tiempos establecidos, 8 días operador de red, 5 días a la comunidad usuaria.	PM
8	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	Mala comunicación entre las partes y alto volumen de trabajo.	No gestionar un cambio de forma adecuada.	Impacto considerable en la triple restricción.	Técnico	PM	Solicitudes de cambio iniciales sin respuesta.	<i>Sponsor</i>
9	a	Cierre	Amenaza	Carencia de monitoreo y control durante la ejecución del plan.	Facturación del circuito PL0103 no muestre variaciones positivas al cierre del proyecto.	Mala inversión del recurso económico por parte del operador de red.	Técnico	<i>Sponsor</i>	No realizar la toma de decisiones durante el proceso de monitoreo y control.	PM/ <i>Sponsor</i> .



10	a	Iniciación	Amenaza	Recursos insuficientes del contratista para la adquisición de los equipos, incumplimiento de los proveedores para la entrega de los equipos.	Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.	Entregables fuera de la fecha - modificación de la ruta crítica, retraso considerable en la iniciación del contrato.	Técnico	<i>Sponsor</i>	No existencia o falta de funcionalidad en los equipos 5 días antes de la iniciación del proyecto, carencia de facturas de compra de los quipos durante la primera revisión de información.	PM
11	a	Planificación y ejecución	Amenaza	Condiciones ambientales adversas.	Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas.	Atraso en la ejecución del plan.	Técnico	Externo	Inicio de temporadas de lluvia.	PM

Fuente: Autores.

## Anexo D. Análisis cualitativo de riesgos.

REGISTRO DE RIESGOS ANÁLISIS CUALITATIVO												
Id Supuesto	Id Riesgo	PAQUETE DE TRABAJO	OPORTUNIDAD/A MENAZA	RIESGO	RESPONSABLE	PROBABILIDAD	Impacto. tiempo	Impacto. costo	Risk score	chequeo	PRS	Risk ranking
1	a	Diagnóstico	Amenaza	Indisponibilidad de los indicadores DES y FES requeridos para el proyecto que deben ser entregados más tardar a los 5 días de firmar acta de inicio.	Sponsor, PM	0,3	0,2	0,05	0,0375	No procede	-	
2	a	Diagnóstico	Amenaza	Indisponibilidad de los históricos de falla requeridos para el proyecto.	Sponsor	0,3	0,2	0,05	0,0375	No procede	-	
	b	Diagnóstico	Amenaza	Indisponibilidad de los históricos de falla requeridos para el proyecto.	Sponsor	0,3	0,2	0,05	0,0375	No procede	-	

	c	Diagnóstico	Oportunidad	Realizar un estudio que supere los requerimientos.	<i>Sponsor</i>	0,9	0,1	0,2	0,135	Si procede	-0,135	6
3	a	Ejecución	Amenaza	No contar con el presupuesto establecido para la iniciación del proyecto.	<i>Sponsor</i>	0,3	0,2	0,05	0,0375	No procede	-	
	b	Ejecución	Oportunidad	No afectar el flujo de caja de la empresa.	<i>Sponsor</i>	0,1	0,05	0,3	0,0175	No procede	-	
4	a	Ejecución	Amenaza	No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.	<i>Sponsor.</i>	0,3	0,2	0,4	0,09	Si procede	0,09	3
5	a	Diagnóstico	Amenaza	Cambio significativo en el alcance del proyecto.	<i>Sponsor.</i>	0,1	0,1	0,2	0,015	No procede	-	
6	a	Diagnóstico - Ejecución - Seguimiento.	Amenaza	La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.	<i>Sponsor</i>	0,3	0,2	0,2	0,06	No procede	0,06	5
	b	Diagnóstico - Ejecución - Seguimiento.	Oportunidad	La comunidad se convertirá en aliado para la correcta ejecución del proyecto.	<i>Sponsor</i>	0,3	0,1	0,05	0,0225	No procede	-	

7	a	Ejecución	Amenaza	Corte de energía sin la socialización a los usuarios del circuito PL0103 pertinente en los tiempos establecidos ni solicitud oportuna al <i>Sponsor</i> .	PM	0,1	0,4	0,2	0,03	No procede	-	
8	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	No gestionar un cambio de forma adecuada.	<i>Sponsor</i>	0,5	0,1	0,2	0,075	Si procede	0,075	4
9	a	Cierre	Amenaza	Facturación del circuito PL0103 no muestre variaciones positivas al cierre del proyecto	PM/ <i>Sponsor</i> .	0,1	0,05	0,8	0,0425	No procede	-	
10	a	Iniciación	Amenaza	Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.	PM	0,5	0,4	0,2	0,15	Si procede	0,15	2
11	a	Planificación-Ejecución	Amenaza	Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas.	PM	0,8	0,4	0,2	0,24	Si procede	0,24	1

Fuente. Autores.

## Anexo E. Matriz P5.

Integradores del P5		Indicadores	Categorías de sostenibilidad	Sub Categorías	Elementos	Diagnóstico	Justificación	Ingeniería	Justificación	Adquisiciones	Justificación	Implementación	Justificación	Uso	Justificación	Total	Acciones de mejora/respuesta	
Producto	Proceso	Impactos		Sostenibilidad económica	Retorno de la inversión	Beneficios financieros directos	-1	Existe retorno pero es bajo	-1	Existe retorno pero es bajo	-2	El retorno se refleja un poco más	-2	Existe retorno una vez se inicie la ejecución del plan RCM	-3	Es evidente el retorno de la inversión	-9	
	Madurez del proceso	Eficiencia y estabilidad del proceso	Valor presente neto			-2	Si el proyecto RCM es viable existe un VPN positivo	-2	Si el proyecto RCM es viable existe un VPN positivo	-2	Si el proyecto RCM es viable existe un VPN positivo	-2	Si el proyecto RCM es viable existe un VPN positivo	-2	Si el proyecto RCM es viable existe un VPN positivo	-2	Si el proyecto RCM es viable existe un VPN positivo	-10
			Agilidad del negocio		Flexibilidad / Opción en el proyecto	-2	Se pueden tener muchas variables	-2	Se plantean varias alternativas a seguir	-1	Atacar puntos clave	0	No aplica	0	No aplica	-5		

[illegible]







[illegible]

[illegible]



[illegible]



[illegible]

[illegible]

					Comportamiento antiético	-2		Procesos de selección	-2		Procesos de selección	-2		Procesos de selección	-2		Procesos de selección	-2		Crear una política de transparencia y conciencia, validación de antecedentes durante la contratación
					TOTAL	-30			-27			-25			-28			-39		-149

Valoración		
+3	Impacto negativo alto	
+2	Impacto negativo medio	
+1	Impacto negativo bajo	
0	No aplica o Neutral	
-3	Impacto positivo alto	
-2	Impacto positivo medio	
-1	Impacto positivo bajo	

Fuente: Autores.

Esta matriz esta basada en el The GPM Global P5 Standard for Sustainability in Project Management. ISBN9781631738586. Green Project Management GPM® is a Licensed and Registered Trademark of GPM Global, Administered in the United States. P5 is a registered ☐ copyright in the United States and with the UK Copyright Service.

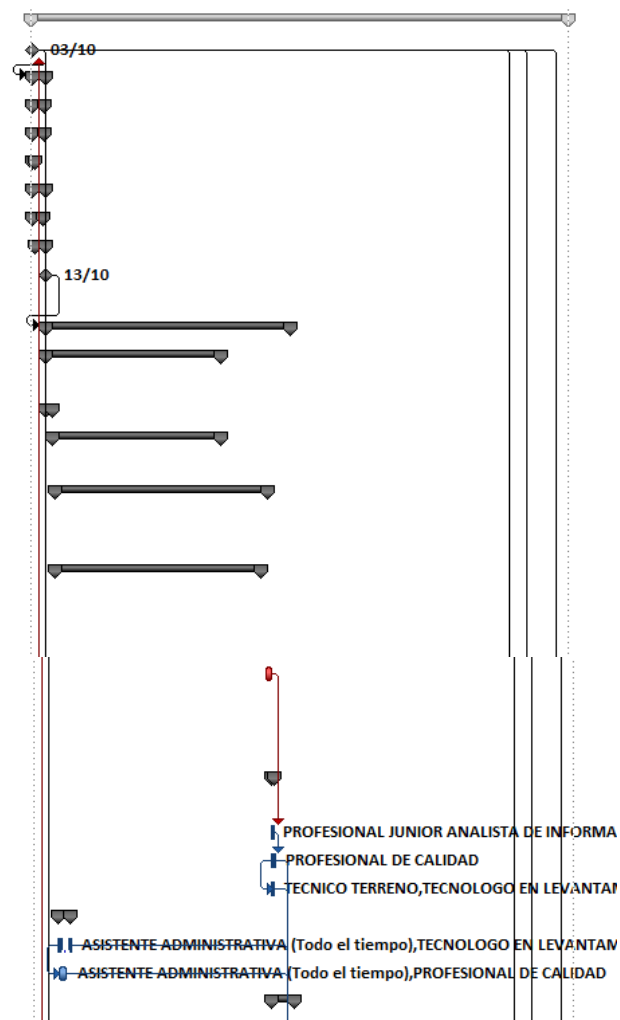


This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit [http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en\\_US](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en_US).

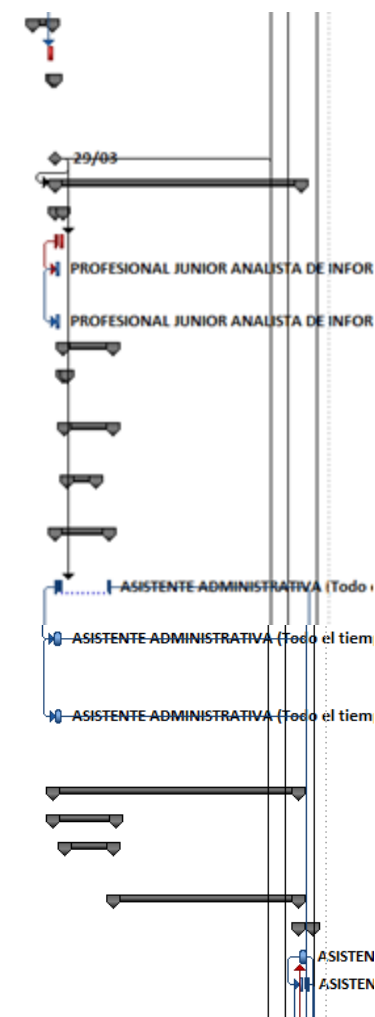


## Anexo F. Cuenta de control sobre MS Project.

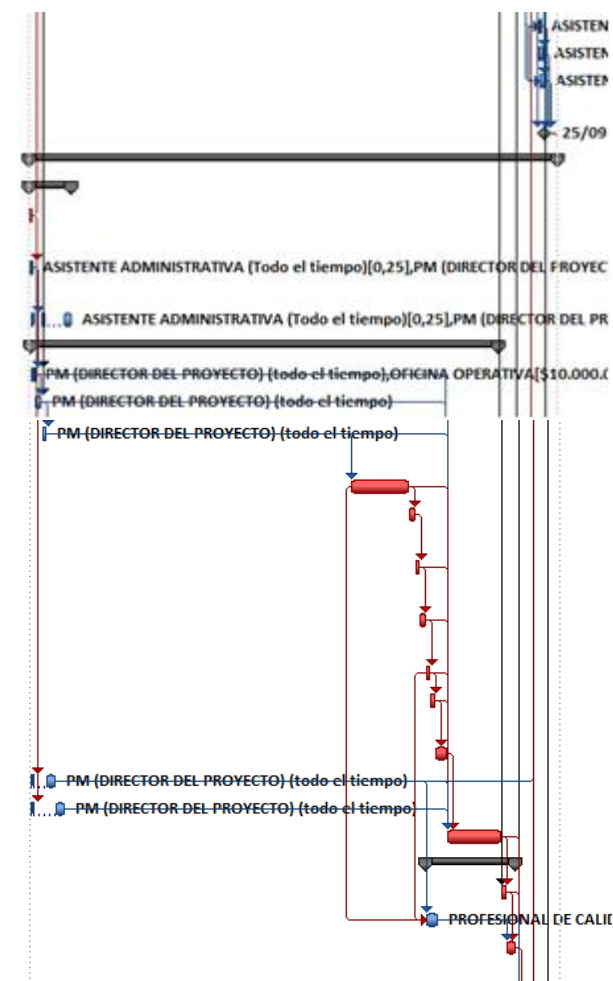
0		0	PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103	282,06 días	\$145.575.618,56	lun 03/10/16	mié 04/10/16
1		1	Inicio del Proyecto	0 días	\$0,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16
2		2	DIAGNÓSTICO	8,67 días	\$2.209.333,28	lun 03/10/16	jue 13/10/16
3		2.1	Planificación	7 días	\$1.304.000,00	lun 03/10/16	mar 11/10/16
4		2.1.1	Estadísticas	7 días	\$864.000,00	lun 03/10/16	mar 11/10/16
13		2.1.2	Inventario de equipos	2,5 días	\$439.999,96	lun 03/10/16	mié 05/10/16
15		2.2	Documentación	8,67 días	\$905.333,28	lun 03/10/16	jue 13/10/16
16		2.2.1	Gestión documental	6,67 días	\$258.666,64	lun 03/10/16	mar 11/10/16
19		2.2.2	Recolección documental	6,67 días	\$646.666,64	mié 05/10/16	jue 13/10/16
27		2.3	Terminación fase de diagnóstico	0 días	\$0,00	jue 13/10/16	jue 13/10/16
28		3	INGENIERÍA	126,92 días	\$73.982.187,52	jue 13/10/16	mié 29/03/17
29		3.1	Análisis de fallas y resultados	90,84 días	\$2.128.000,00	jue 13/10/16	vie 10/02/17
30		3.1.1	Análisis funcional	2 días	\$544.000,00	jue 13/10/16	mar 18/10/16
34		3.1.2	Identificación de modos de falla	88,84 días	\$1.584.000,00	mar 18/10/16	vie 10/02/17
50		3.2	Análisis de eficiencia de los elementos y equipos de la red	110,83 días	\$67.999.989,76	mié 19/10/16	lun 13/03/17
51		3.2.1	Determinación del tiempo de uso y vida útil de los elementos y equipos del CTO	108,33 días	\$67.319.992,32	mié 19/10/16	jue 09/03/17
67		3.2.2	Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de cada uno	2,5 días	\$679.999,92	jue 09/03/17	lun 13/03/17
68		3.3	Estudios de renovación y mejoramiento	2,88 días	\$712.199,92	lun 13/03/17	mié 15/03/17
69		3.3.1	Identificación e instalación	0,38 días	\$118.200,00	lun 13/03/17	lun 13/03/17
70		3.3.2	Actualización de la infraestructura	2,5 días	\$439.999,96	lun 13/03/17	mié 15/03/17
71		3.3.3	Cambio de equipos obsoletos	1,25 días	\$153.999,98	lun 13/03/17	mar 14/03/17
72		3.4	Recolección de datos	6,17 días	\$510.000,00	mié 19/10/16	jue 27/10/16
73		3.4.1	Levantamiento topológico	2,42 días	\$119.999,98	mié 19/10/16	jue 27/10/16
74		3.4.2	Operador de red, fallas y mantenimiento	3,04 días	\$390.000,00	mié 19/10/16	lun 24/10/16
75		3.5	Planes	12,08 días	\$2.632.000,00	lun 13/03/17	mié 29/03/17



76		3.5.1	* Estrategia de ejecución	9,83 días	\$1.805.333,28	lun 13/03/17	lun 27/03/17
84		3.5.2	Definición de prioridades	1,33 días	\$394.666,64	jue 23/03/17	lun 27/03/17
85		3.5.3	* Dimensionamiento de recursos para la intervención	2,25 días	\$432.000,00	lun 27/03/17	mié 29/03/17
89		3.6	Inicio de la Implementación	0 días	\$0,00	mié 29/03/17	mié 29/03/17
90		4	IMPLEMENTACIÓN	130,83 días	\$18.424.733,44	mié 29/03/17	vie 15/09/17
91		4.1	Capacitaciones	4,37 días	\$819.999,92	mié 29/03/17	mar 04/04/17
92		4.1.1	Socialización del modelo F	2,5 días	\$339.999,96	mié 29/03/17	mar 04/04/17
93		4.1.2	Capacitación en nuevas tecnologías	2,5 días	\$239.999,98	mié 29/03/17	vie 31/03/17
94		4.1.3	Instrucción en procesos	2,5 días	\$239.999,98	mié 29/03/17	vie 31/03/17
95		4.2	Programación	24,25 días	\$3.404.000,00	mar 04/04/17	lun 08/05/17
96		4.2.1	* Mantenimiento predictivo	2,5 días	\$400.000,00	mar 04/04/17	jue 06/04/17
100		4.2.2	* Mantenimiento preventivo	23,25 días	\$1.908.000,00	mar 04/04/17	lun 08/05/17
112		4.2.3	* Mantenimiento correctivo	13,42 días	\$1.095.999,92	jue 06/04/17	mié 26/04/17
118		4.3	Seguimiento del modelo RCM	27,37 días	\$672.000,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17
119		4.3.1	Registro de fallas posteriores y uso de la	2 días	\$192.000,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17
120		4.3.2	Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red	4,17 días	\$319.999,98	mié 29/03/17	lun 03/04/17
121		4.3.3	Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable	1,83 días	\$159.999,99	jue 30/03/17	lun 03/04/17
122		4.4	Control	130,83 días	\$13.528.733,44	mié 29/03/17	vie 15/09/17
123		4.4.1	* Materiales y equipos	32,29 días	\$640.200,00	mié 29/03/17	jue 11/05/17
128		4.4.2	* Control del mantenimiento	23,62 días	\$8.345.333,12	jue 06/04/17	mié 10/05/17
183		4.4.3	* Control de la calidad	100,58 días	\$4.543.200,00	mié 10/05/17	vie 15/09/17
197		5	ADQUISICIONES	7,15 días	\$3.954.200,00	vie 15/09/17	lun 25/09/17
198		5.1	Contratación outsourcing	4,31 días	\$2.415.000,00	vie 15/09/17	jue 21/09/17
199		5.2	Solicitud y requerimiento de compras	3,49 días	\$595.200,00	vie 15/09/17	vie 22/09/17

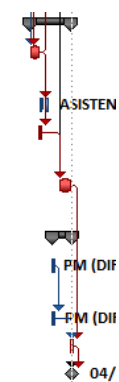


200		5.3	Selección de proveedores	1,5 días	\$240.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17
201		5.4	Ordenes de compra	1,33 días	\$352.000,00	jue 21/09/17	lun 25/09/17
202		5.5	Seguimiento e informe de adquisiciones	1,33 días	\$352.000,00	vie 22/09/17	lun 25/09/17
203		5.6	Fin del modelo RCM	0 días	\$0,00	lun 25/09/17	lun 25/09/17
204		6	<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	<b>282,06 días</b>	<b>\$47.005.173,76</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 04/10/17</b>
205		6.1	<b>Inicio</b>	<b>22,75 días</b>	<b>\$648.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mar 01/11/16</b>
206		6.1.1	Acta de constitución del proyecto.	0,5 días	\$54.000,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16
207		6.1.2	Reunión de inicio del proyecto y acuerdos	1,5 días	\$161.999,99	lun 03/10/16	mar 04/10/16
208		6.1.3	Identificación de stakeholders	8 días	\$432.000,00	mié 05/10/16	mar 01/11/16
209		6.2	<b>Planificación</b>	<b>248,5 días</b>	<b>\$25.400.005,12</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>jue 24/08/17</b>
210		6.2.1	Análisis de requerimiento	1,5 días	\$10.600.000,00	mié 05/10/16	jue 06/10/16
211		6.2.2	Desarrollar cronograma	3 días	\$1.199.999,92	jue 06/10/16	lun 10/10/16
212		6.2.3	Análisis de información y establecer presupuesto.	3 días	\$1.199.999,92	mar 11/10/16	jue 13/10/16
213		6.2.4	Definir gestión de la calidad	30 días	\$1.199.999,92	vie 12/05/17	jue 22/06/17
214		6.2.5	Identificar y definir los formatos.	2 días	\$800.000,00	jue 22/06/17	mar 27/06/17
215		6.2.6	Organizar el plan de gestión de las	3 días	\$1.199.999,92	mar 27/06/17	jue 29/06/17
216		6.2.7	Definir los medios de comunicación.	2 días	\$800.000,00	jue 29/06/17	lun 03/07/17
217		6.2.8	Definir gestión del riesgo.	3 días	\$1.199.999,92	lun 03/07/17	jue 06/07/17
218		6.2.9	Establecer las reservas de contingencia.	3 días	\$1.199.999,92	jue 06/07/17	lun 10/07/17
219		6.2.10	Planificar las adquisiciones	6,67 días	\$800.000,00	lun 10/07/17	mar 18/07/17
220		6.2.11	Adquirir equipo del proyecto	5 días	\$2.000.004,96	lun 03/10/16	jue 20/10/16
221		6.2.12	Organizar plan de intereses	5 días	\$1.999.999,84	lun 03/10/16	mié 26/10/16
222		6.2.13	Ajustar planes.	30 días	\$1.199.999,92	mar 18/07/17	jue 24/08/17
223		6.3	<b>Ejecución</b>	<b>50,17 días</b>	<b>\$4.400.000,00</b>	<b>lun 03/07/17</b>	<b>lun 04/09/17</b>
224		6.3.1	Reuniones de trabajo.	2,5 días	\$1.079.999,92	jue 24/08/17	lun 28/08/17
225		6.3.2	Listas de chequeo.	7,5 días	\$1.320.000,00	lun 03/07/17	mié 12/07/17
226		6.3.3	Análisis, revisión e impacto de cambios	5 días	\$1.999.999,84	lun 28/08/17	lun 04/09/17



227		6.4	▢ Monitoreo y control	23,48 días	\$16.049.166,08	mar 05/09/17	mié 04/10/17
228		6.4.1	Control del cronograma del proyecto	5 días	\$1.999.999,84	mar 05/09/17	mar 12/09/17
229		6.4.2	Control integrado de camt	2,5 días	\$539.999,96	mar 12/09/17	lun 18/09/17
230		6.4.3	Reuniones de trabajo y firmas de actas.	0,83 días	\$506.666,60	mar 12/09/17	mar 12/09/17
231		6.4.4	Administrar y controlar las reservas de	7,5 días	\$13.002.499,84	lun 25/09/17	mié 04/10/17
232		6.5	▢ Cierre	10,83 días	\$508.000,00	jue 21/09/17	mié 04/10/17
233		6.5.1	Presentación y socialización de	0,5 días	\$200.000,00	jue 21/09/17	jue 21/09/17
234		6.5.2	Entrega de obra.	1 día	\$200.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17
235		6.5.3	Acta de liquidación.	0,5 días	\$108.000,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17
236		7	Fin del proyecto	0 días	\$0,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17

Fuente: Autores.



Anexo G. Aplicación análisis multicriterio para toma de decisiones con método de AHP con técnica nominal de grupo para selección idea de proyecto.

En la selección de la idea para proyecto se utilizó el análisis multicriterio con el método jerárquico AHP con el objetivo de escoger entre las siguientes ideas:

1. Diagnóstico de efectividad operativa de personal tercerización en la operación y mantenimiento de las redes de EMSA.
2. Modelo para el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad en la red de 13,2 kV del circuito PL0103 de propiedad del operador de red del Meta EMSA. ESP.
3. Modelo de control para el sistema de tele medida de grandes clientes en la zona rural.

Los criterios y peso por alternativa a tener en cuenta para la evaluación se muestran a continuación.

CRITERIOS DE SELECCIÓN				
	Información disponible	Conocimiento sobre el tema	Capacidad de cobertura	Área de conocimiento
<b>Opción 1</b>	Excelente	Bueno	Baja	Bueno
<b>Opción 2</b>	Media	Bueno	Media	Bueno
<b>Opción 3</b>	Regular	Bueno	Alta	Bueno

Evaluando cada criterio se obtuvo el siguiente resultado según se muestra a continuación:

CRITERIO: Información Disponible							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3				MATRIZ NORMALIZADA
<b>Opción 1</b>	1,00	0,14	0,33	0,09	0,11	0,03	0,08
<b>Opción 2</b>	7,00	1,00	9,00	0,64	0,80	0,87	0,77
<b>Opción 3</b>	3,00	0,11	1,00	0,27	0,09	0,10	0,15
<b>SUMA</b>	<b>11,0</b>	<b>1,3</b>	<b>10,3</b>				

Criterio: Conocimiento sobre el tema

<b>CRITERIO: Conocimiento sobre el tema</b>							
	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>				<b>MATRIZ NORMALIZADA</b>
<b>Opción 1</b>	1,00	0,33	3,00	0,23	0,22	0,33	0,26
<b>Opción 2</b>	3,00	1,00	5,00	0,69	0,65	0,56	0,63
<b>Opción 3</b>	0,33	0,20	1,00	0,08	0,13	0,11	0,11
<b>SUMA</b>	<b>4,33</b>	<b>1,53</b>	<b>9,00</b>				

Criterio: Capacidad de cobertura

<b>CRITERIO: Capacidad de cobertura</b>							
	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>				<b>MATRIZ NORMALIZADA</b>
<b>Opción 1</b>	1,00	3,00	0,14	0,12	0,71	0,02	0,29
<b>Opción 2</b>	0,33	1,00	5,00	0,04	0,24	0,81	0,36
<b>Opción 3</b>	7,00	0,20	1,00	0,84	0,05	0,16	0,35
<b>SUMA</b>	<b>8,33</b>	<b>4,20</b>	<b>6,14</b>				

Criterio: Área del conocimiento

<b>CRITERIO: Área del conocimiento</b>							
	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>				<b>MATRIZ NORMALIZADA</b>
<b>Opción 1</b>	1,00	0,33	3,00	0,23	0,20	0,43	0,29
<b>Opción 2</b>	3,00	1,00	3,00	0,69	0,60	0,43	0,57
<b>Opción 3</b>	0,33	0,33	1,00	0,08	0,20	0,14	0,14
<b>SUMA</b>	<b>4,33</b>	<b>1,67</b>	<b>7,00</b>				

Al realizar la comparación por pares se encontró según se indica a continuación:

## Matriz de comparación por pares

Matriz de Comparación por pares – CRITERIOS									
	Información disponible	Conocimiento sobre el tema	Capacidad de cobertura	Área de conocimiento					MATRIZ NORMALIZADA
Información disponible	1,00	0,20	5,00	0,33	0,11	0,09	0,25	0,13	0,14
Conocimiento sobre el tema	5,00	1,00	9,00	1,00	0,54	0,43	0,45	0,39	0,46
Capacidad de cobertura	0,20	0,11	1,00	0,20	0,02	0,05	0,05	0,08	0,05
Área de conocimiento	3,00	1,00	5,00	1,00	0,33	0,43	0,25	0,39	0,35
SUMA	9,20	2,31	20,00	2,53					

Para finalmente encontrar el resultado de la evaluación según se expresa en el Resultado de la evaluación.

## Resultado de la evaluación

	Información disponible	Conocimiento sobre el tema	Capacidad de cobertura	Área de conocimiento	Total
<b>Opción 1</b>	0,08	0,26	0,29	0,29	0,24
<b>Opción 2</b>	0,77	0,63	0,36	0,57	0,62
<b>Opción 3</b>	0,15	0,11	0,35	0,14	0,14
<b>Ponderación por criterios</b>	<b>0,14</b>	<b>0,46</b>	<b>0,05</b>	<b>0,35</b>	

Como resultado se obtuvo que la mejor opción es la número dos (2), correspondiente al “modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para la red de 13,2 kV del circuito PL0103 propiedad del operador de red del Meta”.

Fuente: Autores.

Anexo H. Aplicación análisis multi-criterio para toma de decisiones con método de AHP con técnica nominal de grupo para definir la alternativa a desarrollar como idea.

Para la selección de la alternativa para desarrollar como idea, se utilizó el análisis multi-criterio con el método jerárquico AHP con el objetivo de escoger entre las siguientes alternativas posibles:

- a) Remodelación de red
- b) Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).
- c) Instalación de más y nuevos quipos.

Los criterios y peso por alternativa a tener en cuenta para la evaluación se indican a continuación.

Alternativas de Solución Problema de mantenimiento

<b>Alternativa para solución de problema de Mantenimiento</b>				
	<b>Costo</b>	<b>Efectividad</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Impacto negativo al Cliente en la aplicación</b>
<b>Opción 1</b>	Alto	Media	Media	Alto
<b>Opción 2</b>	Media	Alta	Alta	Bajo
<b>Opción 3</b>	Alto	Media	Baja	Medio

Evaluando cada criterio se obtuvo el siguiente resultado según el Criterio de costo:

Criterio costo

<b>CRITERIO: Costo</b>							
	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>				<b>MATRIZ NORMALIZADA</b>
<b>Opción 1</b>	1,00	0,11	0,20	0,07	0,08	0,03	0,06
<b>Opción 2</b>	9,00	1,00	5,00	0,60	0,76	0,81	0,72
<b>Opción 3</b>	5,00	0,20	1,00	0,33	0,15	0,16	0,22
<b>SUMA</b>	<b>15,0</b>	<b>1,3</b>	<b>6,2</b>				



## Criterio efectividad

CRITERIO: Efectividad							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3				MATRIZ NORMALIZADA
Opción 1	1,00	0,20	3,00	0,16	0,14	0,33	0,21
Opción 2	5,00	1,00	5,00	0,79	0,71	0,56	0,69
Opción 3	0,33	0,20	1,00	0,05	0,14	0,11	0,10
SUMA	6,33	1,40	9,00				

## Criterio vida útil

CRITERIO: Vida Útil							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3				MATRIZ NORMALIZADA
Opción 1	1,00	0,33	3,00	0,23	0,22	0,33	0,26
Opción 2	3,00	1,00	5,00	0,69	0,65	0,56	0,63
Opción 3	0,33	0,20	1,00	0,08	0,13	0,11	0,11
SUMA	4,33	1,53	9,00				

## Criterio: Impacto negativo al cliente en la aplicación

CRITERIO: Impacto negativo al Cliente en la aplicación							
	Opción 1	Opción 2	Opción 3				MATRIZ NORMALIZADA
Opción 1	1,00	0,20	0,20	0,09	0,13	0,05	0,09
Opción 2	5,00	1,00	3,00	0,45	0,65	0,71	0,61
Opción 3	5,00	0,33	1,00	0,45	0,22	0,24	0,30
SUMA	11,00	1,53	4,20				

Al realizar la comparación por pares se encontró lo siguiente:

## Matriz de comparación por pares Mantenimiento

Matriz de Comparación por pares – CRITERIOS									
	Costo	Efectividad	Vida Útil	Impacto negativo al cliente en la aplicación					MATRIZ NORMALIZADA
<b>Costo</b>	1,00	0,20	5,00	0,33	0,11	0,12	0,28	0,07	0,14
<b>Efectividad</b>	5,00	1,00	7,00	3,00	0,54	0,60	0,39	0,66	0,55
<b>Vida Útil</b>	0,20	0,14	1,00	0,20	0,02	0,09	0,06	0,04	0,05
<b>Impacto negativo al Cliente en la aplicación</b>	3,00	0,33	5,00	1,00	0,33	0,20	0,28	0,22	0,26
<b>SUMA</b>	<b>9,20</b>	<b>1,68</b>	<b>18,00</b>	<b>4,53</b>					

Finalmente se encuentra como se aprecia a continuación:

## Resultado de la evaluación mantenimiento

	Costo	Efectividad	Vida Útil	Impacto negativo al Cliente en la aplicación	Total
<b>Opción 1</b>	0,06	0,21	0,26	0,09	0,16
<b>Opción 2</b>	0,72	0,69	0,63	0,61	0,67
<b>Opción 3</b>	0,22	0,10	0,11	0,30	0,17
<b>Ponderación por Criterios</b>	<b>0,14</b>	<b>0,55</b>	<b>0,05</b>	<b>0,26</b>	

Como resultado se obtuvo que la mejor opción es la número dos (2), correspondiente al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

Fuente. Autores.

## Anexo I. Project Charter.

---

**Project Title:** Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103
 

---

**Project Sponsor:** Ing. Édgar Velasco
 

---

**Date Prepared:** Julio 7 de 2016
 

---

Habitantes  
alimentados  
por el circuito  
en el  
municipio  
Puerto López,  
Meta.

**Project Manager:** Pedro Josías León Garzón
 

---

**Project Customer:** Meta.
 

---

**Project Purpose or Justification:**

En La actualidad el tipo de mantenimiento implementado por el operador de red del departamento del Meta en sus circuitos rurales de 13,2 kV, es netamente correctivo, esto significa que solo se atiende cuando se produce una falla, lo cual conlleva a índices de calidad del servicio regulares y altos costos de mantenimiento; el circuito de 13,2 KV con código PL0103 que suministra el servicio de energía a usuarios localizados en el municipio de Puerto López requiere de medidas urgentes que permitan mejorar sus indicadores de calidad del servicio a fin de evitar pagos por compensaciones, multas para la empresa y descontento en la comunidad.

Los indicadores DES y FES del circuito PL0103 para el año 2014 fueron 8,64 (DES), 41 (FES) y 2015 5,92 (DES), 23 (FES), hoy en día es la información más reciente que se reporta en la página de la CREG; sin embargo, se puede deducir que estos bajos indicadores se mantienen.

**Project Description:**

El proyecto consiste en implementar un plan de mantenimiento RCM para el circuito con código PL0103 del operador de red del departamento del meta y para ello se debe llevar a cabo una etapa de diagnóstico, ingeniería, implementación y con el objetivo de garantizar el buen resultado del proyecto se realizara el seguimiento al modelo diseñado e implementado, sin descuidar la aplicación adecuada de la metodología PMI para la gerencia de proyectos.

**High-Level Requirements:**
**Del Proyecto.**

- El modelo implementado debe estar completamente alineado con la teoría de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- El proyecto debe contar con un adecuado sistema de HSEQ que vigile y garantice el adecuado funcionamiento y seguridad en la ejecución del proyecto.
- Debe ejecutarse en un tiempo inferior a un (1) año.
- El costo no debe ser superior a 300 millones de pesos.

- Todos los equipos, herramientas y materiales deben ser certificados por un ente certificador de productos con certificación de la ONAC.
- Se debe contar con personal capacitado en todo los campos del conocimiento, desde el director del proyecto hasta los operarios.
- El proyecto debe contar y cumplir con la normativa vigente en el momento de su ejecución.
- Debe ser extrapolable a otros circuitos.
- El proyecto debe contar y cumplir con la normativa vigente en el momento de su ejecución.

**Del Producto.**

El producto debe garantizar la mejora de los indicadores de calidad en un 25% como mínimo.

Debe ser funcional y eficaz por lo menos por 5 años.

**High-LevelRisks:**

- Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas.
- Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.
- No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.
- No gestionar un cambio de forma adecuada.
- La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.
- Realizar un estudio que supere los requerimientos.

Project Objectives	Success Criteria	Person Approving
<b>Scope:</b>		
Proponer un plan de RCM para red de 13,2 kV circuito PL0103.	Cumplir con el alcance propuesto, sin afectar el tiempo y costo estimado.	Gerente General de EMSA ESP.

**Time:**

Realizar el plan de RCM para red de 13,2 kV circuito PL0103 en 240,76 días.	Ejecutar el proyecto en el tiempo proyectado.	Gerente General de EMSA ESP.
---	---	------------------------------

**Cost:**

Desarrollar el proyecto con una inversión de \$145.575.628,56	Cumplir con el costo estimado.	Gerente General de EMSA ESP.
---	--------------------------------	------------------------------

Summary Milestones	Due Date
Diagnóstico	Día 9 una vez iniciado el proyecto.
Ingeniería	Día 127 una vez iniciado el proyecto.
Adquisiciones	Día 7 una vez iniciado el proyecto.

Implementación	Día 131 una vez iniciado el proyecto.
Gerencia de Proyecto	Desde el inicio hasta el cierre del proyecto.

**Estimated Budget:**

\$145.575.628,56 de pesos m/c incluyendo una reserva de contingencia entre en 7 y el 10% sobre el presupuesto estimado en el cronograma del proyecto.

Stakeholder(s)	Role
Población (Sector residencial, comercial, industrial, ganadero y turístico)	Usuarios beneficiados.
Electrificadora del Meta S.A. ESP	Propietario y ejecutor del proyecto.
Contratista	Encargado de la ejecución de las etapas del proyecto.
Proveedores	Entidad encargada de suministrar y transportar lo materiales para el proyecto.

**Project Manager Authority Level****Staffing Decisions:**

El interventor del proyecto hará la actividad de control y seguimiento, el contratista realizará la ejecución de la obra, por tanto, la selección de personal.

**Budget Management and Variance:**

La gestión presupuestaria está directamente con el área financiera del operador de red y aprobada por el gerente General, con una varianza entre en -5% al +10%.

**Technical Decisions:**

El profesional asignado por la Gerencia de Distribución del operador de red.

**Conflict Resolution:**

Gerente de Distribución de operador de red del Meta.

**Approvals:**

\_\_\_\_\_  
Project Manager Signature

\_\_\_\_\_  
Sponsor or Originator Signature

\_\_\_\_\_  
Project Manager Name

\_\_\_\_\_  
Sponsor or Originator Name

\_\_\_\_\_  
Fuente: Autores.

## Anexo J. Project Scope Statement.

<b>Project Title:</b>	Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.	<b>Date Prepared::</b>	7 de julio de 2016
-----------------------	---	------------------------	--------------------

**Product Scope Description**

Características y requerimientos del Producto.

- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 establecerá un cronograma que permitirá dar cumplimiento a la ejecución del proyecto.
- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 permitirá establecer los procesos para el modelo de mantenimiento.
- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 establecerá el presupuesto necesario y enlistará los elementos requeridos para su ejecución.
- El plan de para el circuito de 13,2 kV PL0103 aumentará la confiabilidad y calidad de servicio una vez sea implementado, disminuyendo los costos del mantenimiento actual.
- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 permitirá reducir el tiempo de interrupciones al conocer de forma precisa el motivo de la falla sobre el circuito.
- El Plan RCM para el circuito PL0103 proporcionará una herramienta para el seguimiento constante y preciso de la evolución en el tiempo de un defecto predeterminado para la fase de ejecución del proyecto.
- Una vez sea implementado sobre el circuito PL0103, el plan RCM permitirá la reducción de la planilla de mantenimiento (Tareas más precisas y definidas)
- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 proporcionará durante la fase de ejecución la elaboración de archivo histórico del comportamiento de los equipos a través del tiempo.
- El Plan RCM para el circuito PL0103 permitirá que una vez sea implementado, se realice toma de decisiones de forma inmediata justo cuando ocurre el fallo sobre las líneas del circuito.
- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 proporcionará conocimiento preciso del histórico de actuaciones en caso de requerirse mantenimiento correctivo durante su ejecución.
- La implementación del plan RCM en el circuito PL0103 facilitará el análisis de averías sobre los equipos y las líneas de distribución.
- El plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el circuito de 13,2 kV PL0103 permitirá un análisis estadístico del sistema en conjunto una vez sea implementado.

Los principales requerimientos del Plan RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 son:

- Se requiere monitoreo constante y preciso a todos los elementos involucrados a

fin de establecer cuál es el motivo de la falla sobre el circuito durante la etapa de implementación.

- Análisis estadístico de la evolución en el tiempo para los defectos definidos sobre el circuito La Balsa permitiendo así seguimiento constante de las variables involucradas.
- Control sobre el personal operativo requerido para el mantenimiento correctivo tomando en consideración que este dependerá exclusivamente de los análisis sobre las variables a intervenir sobre el circuito de 13,2 kV PL0103.
- Adecuado registro de información de los elementos del circuito de 13,2 kV PL0103 que sean definidos para RCM a fin de reducir la planilla de mantenimiento para programar tareas más precisas.
- Registro adecuado con datos reales del comportamiento de los equipos a través del tiempo.
- Monitoreo permanente de los elementos sometidos a RCM a fin de realizar toma rápida de decisiones en el momento de ocurrencia de falla sobre el mismo.
- Validación constante del histórico de fallas para cuando se requiera actuación correctiva sobre los elementos del circuito PL0103.
- Disponibilidad en *Stock* de elementos sometidos a RCM según el nivel de impacto de cada uno que permitan atender las emergencias en caso de requerirse mantenimiento correctivo.
- Consolidar toda la información adquirida del plan RCM sobre los elementos a intervenir a fin de realizar un análisis estadístico en conjunto.

### **Project Deliverables**

#### **PLAN RCM CIRCUITO 13,2 kV PL0103**

#### **DIAGNÓSTICO**

- Planificación
- Documentación

#### **INGENIERÍA**

- Análisis de fallas y resultados
- Estudios de renovación y mejoramiento
- Recolección de datos
- Planes

#### **ADQUISICIONES**

- Contratación *outsourcing*
- Solicitud y requerimiento de compras
- Selección de proveedores
- Órdenes de compra
- Seguimiento e informe de adquisiciones

<p><b>IMPLEMENTACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones</li> <li>• Programación</li> <li>• Seguimiento del modelo RCM</li> <li>• Control</li> </ul> <p><b>GERENCIA DE PROYECTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicio</li> <li>• Planificación</li> <li>• Ejecución</li> <li>• Monitoreo y control</li> <li>• Cierre</li> </ul>
<p><b>Project Acceptance Criteria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proyecto debe contar con información disponible por parte del operador de red referente a indicadores de calidad y fallas registrada en los elementos del circuito de 13,2 kV PL0103.</li> <li>• Se debe realizar un levantamiento de la topología y elementos sobre el circuito de 13,2 kV PL0103 a fin de contar con los datos reales y actualizados antes de empezar la implementación.</li> <li>• Se hace necesaria la realización del inventario de los equipos y ubicación de los mismos, así como de las estructuras que ameriten RCM en el circuito.</li> <li>• Se debe contar con un cronograma que especifique el alcance del proyecto y fechas de finalización y actividades definidas.</li> <li>• Aunque la parte de implementación estará a cargo del operador de red, se debe presupuestar y referenciar todos los equipos y personal requeridos para la ejecución del Plan RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.</li> <li>• Debe asistirse durante la última etapa del proyecto el seguimiento a la implementación del plan RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 antes de que el operador de red se encargue por completo de este.</li> </ul>
<p><b>Project Exclusions</b></p> <p>No se requerirá seguimiento por parte de los elaboradores del plan RCM una vez concluido el tercer mes desde el inicio del proyecto, el mismo estará a cargo del operador de red (EMSA. ESP).</p>
<p><b>Project Constraints</b></p> <p>Información Limitada o de orden confidencial de la que el operador de red dispone y que puede que sea requerida para la etapa de diagnóstico del plan RCM</p> <p>Demora en el levantamiento de información en terreno y que puede dilatar el desarrollo del cronograma</p> <p>Demora en la aprobación final del presupuesto establecido por parte de la gerencia de EMSA ESP para el inicio del proyecto.</p>



<b>Project Assumptions</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El operador de red deberá contar con los indicadores DES y FES del circuito PL0103, de los últimos 13 años contados a partir de la fecha de firma del acta de inicio, igualmente esta información estará deberá estar disponible 5 días después de dicha firma.</li> <li>2. El operador de red deberá contar con información histórica de las fallas del circuito PL0103, de los últimos 5 años contados a partir de la fecha de firma del acta de inicio, igualmente esta información estará deberá estar disponible 10 días antes de dicha firma</li> <li>3. El operador de Red dispondrá del recurso económico para cada etapa del proyecto, según el cronograma.</li> <li>4. Existirá un gestor del contrato delegado por el operador de para atender los requerimientos y necesidades del proyecto a fin de establecer alternativas de solución y gestionar solicitudes de cambio en no más de 8 días desde la fecha de solicitud.</li> <li>5. Una vez pactados y acordados los requerimientos de diseño y de implementación no serán modificados.</li> <li>6. El operador de red debe garantizar que no se presentaran inconvenientes entre la comunidad perteneciente al circuito PL0103 y el personal operativo del proyecto realizando la gestión social que se requiera e informando de manera general el alcance de las actividades a realizar en el circuito para evitar protestas o bloqueos en las vías de acceso con una duración mayor a 1 día.</li> <li>7. El gestor del contrato junto al equipo de interventoría estarán presentes en cada reunión quincenal a fin de garantizar la correcta y oportuna ejecución del proyecto por parte del contratista.</li> <li>8. Cada corte programado de energía producto de la implementación del plan RCM sobre el circuito PL0103, deberá ser informado con 8 días de anterioridad al operador de red y 5 días a los usuarios del circuito a fin de cumplir con los requerimientos de la CREG.</li> <li>9. En caso de que el patrocinador o la contratista encargada de la ejecución del proyecto requieran efectuar un cambio este deberá ser avalado por las partes involucradas con su respectivo control de cambios.</li> <li>10. Se espera un aumento en la facturación del circuito del 25% después de la implementación RCM sobre el circuito PL0103.</li> <li>11. El contratista deberá disponer de todos los equipos requeridos, cámaras termográficas, equipos de ultrasonido y demás 5 días antes de firmada el acta de inicio, deben además ser funcionales para la implementación del plan RCM sobre el circuito PL0103.</li> </ol>

Fuente: Autores.

## Anexo K. Product Scope Statement.

<b>Project Title:</b>	Plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103.	<b>Date Prepared::</b>	7 de julio de 2016
-----------------------	---	------------------------	--------------------

**Product Scope Statement**

<i>Project Name</i>	PLAN DE RCM PARA EL CIRCUITO DE 13,2 kV PL0103
<i>Performing Division</i>	
<i>Performing Group</i>	
<i>Product</i>	SERVICIO EFICIENTE DE ENERGÍA

**Prepared By**

<i>Document Owner(s)</i>	<i>Project / Organization Role</i>

## Scope Statement Version Control

Version	Date	Author	Change Description
1.0	09/07/2015	Pedro León Cesar Cucanchón	

## PRODUCT SCOPE PURPOSE

Product Scope Purpose
El plan de RCM para el circuito de 13,2 kV PL0103 tiene como alcance de producto prestar un servicio eficiente de energía eléctrica en toda su zona de influencia, con el propósito de satisfacer a los clientes y evitarle al operador de red pagos por sanciones o por compensaciones que deba pagar a sus clientes.

## PRODUCT SCOPE DEFINITION

## Executive Summary

Executive Summary
El servicio de energía eléctrica es fundamental en el diario vivir y en el proceso de desarrollo de las regiones, por ello el operador de red debe velar por prestar un servicio sin interrupciones y de calidad a todos sus clientes. La prestación de un servicio eficiente de energía depende del estado de la red, el aislamiento y de todos los quipos y elementos que componen el circuito de distribución, el circuito de 13,2 kV PL0103 requiere de un adecuado plan de mantenimiento con el objetivo de mejorar la prestación del servicio a todos sus clientes.

**In Scope****In Scope**

Servicio de energía eléctrica a los clientes asociados al circuito de 13,2 kV PL0103 con un 40% menos de interrupciones a las presentadas en la actualidad.

**Out of Scope****Out of Scope**

Con el producto solo se mejorará el servicio de energía a los clientes asociados al circuito PL0103, los clientes que estén asociados a otros circuitos no se verán beneficiados.

**Acceptance Criteria****Acceptance Criteria**

Los criterios de aceptación son los siguientes:

Servicio de energía eléctrica con menos de 30 interrupciones al año y una duración de corte del servicio menor a 4 horas.

Fuente: Autores.

## Anexo L. Requerimientos del producto

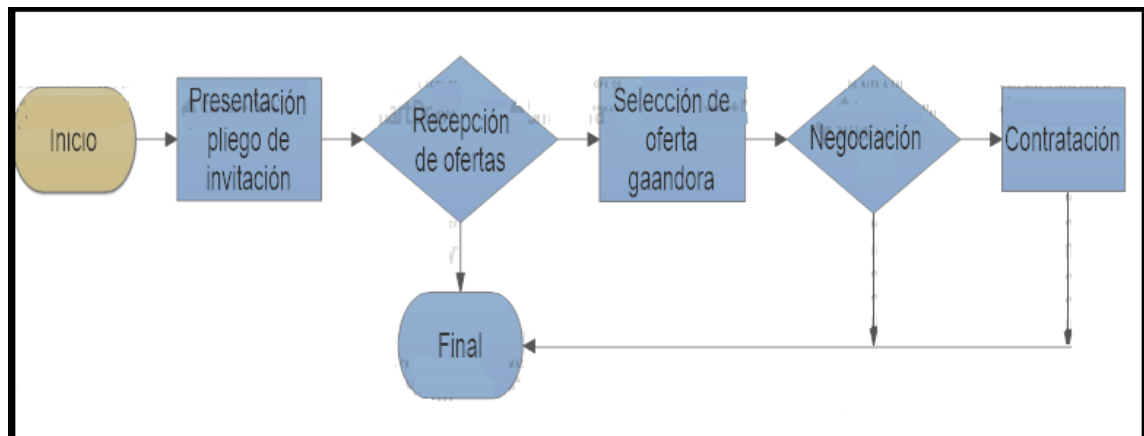
---

- a) Debe aumentar la confiabilidad y continuidad en el servicio de energía del circuito de 13,2 kV PL0103 en el municipio de Puerto López en el departamento del Meta
  - b) Debe satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes.
  - c) Debe garantizar la reducción en pago de compensaciones a los entes reguladores por fallas sobre el circuito
  - d) Debe generar beneficio económico para el operador de red del Meta.
  - e) Las proyecciones establecidas por los desarrolladores del proyecto referente a tiempos y costos deben ajustarse a la realidad según parámetros preestablecidos por el operador de red del Meta.
- 

Fuente: Autores.

## Anexo M. Flujograma proceso de aprobación de adquisiciones

A continuación se presenta el flujograma para el proceso de aprobación de adquisiciones



Fuente: Autores.

## Anexo N. Diccionario de la EDT del proyecto a nivel 3

<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>
Actividades	Se realiza el diagnóstico del circuito de 13,2 kV PL0103 a partir de la información disponible por el operador de red y recolectada en campo.
Duración	8,67 días
Fecha de Inicio	lun 03/10/16
Fecha Finalización	jue 13/10/16
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>2.1.</b>	<b>Planificación</b>
Actividades	Se analizan las estadísticas, inventario de equipos, estrategia de ejecución, y recursos para la intervención del circuito PL0103.
Duración	7 días
Fecha de Inicio	lun 03/10/16
Fecha Finalización	mar 11/10/16
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, profesional junior analista de información 1, técnico en terreno, profesional de calidad, coordinador operativo, director de proyecto.

<b>2.1.1</b>	<b>Estadísticas</b>
Actividades	Se analizan las estadísticas de falla e intervención para el circuito PL0103
Duración	7 días
Fecha de Inicio	lun 03/10/16
Fecha Finalización	mar 11/10/16
Responsable	Profesional junior analista de información 1

<b>2.1.2</b>	<b>Inventario de equipos</b>
Actividades	Se analizan las condiciones de los elementos y equipos del circuito PL0103.
Duración	2,5 días
Fecha de Inicio	lun 03/10/16
Fecha Finalización	<b>mié 05/10/16</b>
Responsable	Profesional junior analista de información 1, Profesional junior analista de información 2, profesional de calidad.

<b>2.2</b>	<b>Documentación</b>
Actividades	Documentación para desarrollo del plan RCM del circuito PL0103.
Duración	8,67 días
Fecha de Inicio	lun 03/10/16
vie 30/12/16	jue 13/10/16
Responsable	PM director de proyecto.

<b>2.2.1</b>	<b>Gestión documental</b>
Actividades	Documentos para desarrollo del plan RCM del circuito PL0103
Duración	6,67 días
Fecha de Inicio	lun 03/10/16
Fecha Finalización	mar 11/10/16
Responsable	PM director de proyecto.

<b>2.2.2</b>	<b>Recolección documental</b>
Actividades	Adquisición de documentos para desarrollo del plan RCM del circuito PL0103
Duración	6,67 días
Fecha de Inicio	mié 05/10/16
Fecha Finalización	jue 13/10/16
Responsable	PM director de proyecto.

<b>3</b>	<b>INGENIERÍA</b>
Actividades	Actividad resumen ingeniería aplicada al proyecto.
Duración	126,92 días
Fecha de Inicio	jue 13/10/16
Fecha Finalización	mié 29/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>3.1</b>	<b>Análisis de fallas y resultados</b>
Actividades	Análisis de fallos y resultados circuito PL0103
Duración	90,84 días
Fecha de Inicio	jue 13/10/16
Fecha Finalización	vie 10/02/17
Responsable	PM director de proyecto.

<b>3.1.1</b>	<b>Análisis funcional</b>
Actividades	Análisis funcional fallos y resultados circuito PL0103
Duración	2 días
Fecha de Inicio	jue 13/10/16
Fecha Finalización	mar 18/10/16
Responsable	PM director de proyecto.

<b>3.1.2</b>	<b>Identificación de los modos de falla</b>
Actividades	Definición de modelos para la decisión de reemplazo, mantenimiento preventivo e inspección.
Duración	88,84 días
Fecha de Inicio	mar 18/10/16
Fecha Finalización	vie 10/02/17
Responsable	PM director de proyecto.

<b>3.2</b>	<b>Análisis de eficiencia de los elementos y equipos de la red</b>
Actividades	Análisis de eficiencia elementos y equipos PL0103.
Duración	110,83 días
Fecha de Inicio	mié 19/10/16
Fecha Finalización	lun 13/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>3.2.1</b>	<b>Determinación del tiempo de uso y vida útil de los elementos y equipos del CTO</b>
Actividades	Determinación del tiempo de uso y vida útil de los elementos y equipos circuito PL0103
Duración	108,33 días
Fecha de Inicio	mié 19/10/16
Fecha Finalización	jue 09/03/17
Responsable	PM director de proyecto.

<b>3.2.2</b>	<b>Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de cada uno</b>
Actividades	Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de la red
Duración	2,5 días
Fecha de Inicio	jue 09/03/17



Fecha Finalización	lun 13/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 1, profesional de calidad.

<b>3.3</b>	<b>Estudios de renovación y mejoramiento</b>
Actividades	Estudios de renovación y mejoramiento circuito PL0103
Duración	2,88 días
Fecha de Inicio	lun 13/03/17
Fecha Finalización	mié 15/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>3.3.1</b>	<b>Identificación e instalación de equipos de tele medida</b>
Actividades	Identificación e instalación de equipos de tele medida circuito PL0103
Duración	0,38 días
Fecha de Inicio	lun 13/03/17
Fecha Finalización	Lun 13/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 1 y 2 técnico en terreno, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>3.3.2</b>	<b>Actualización de la infraestructura de la red</b>
Actividades	Actualización de la infraestructura circuito PL0103
Duración	2,5 días
Fecha de Inicio	lun 13/03/17
Fecha Finalización	mié 15/03/17
Responsable	Profesional de calidad

<b>3.3.3</b>	<b>Cambio de equipos obsoletos por nuevas tecnologías</b>
Actividades	Cambio de equipos obsoletos por nuevas tecnologías circuito PL0103
Duración	1,25 días
Fecha de Inicio	lun 13/03/17
Fecha Finalización	mar 14/03/17
Responsable	Técnico en terreno, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>3.4</b>	<b>Recolección de datos</b>
Actividades	Resumen de actividades para la recolección de datos
Duración	6,17 días

Fecha de Inicio	mié 19/10/16
Fecha Finalización	jue 27/10/16
Responsable	

<b>3.4.1</b>	<b>Levantamiento topológico previo</b>
Actividades	Levantamiento topológico previo circuito PL0103
Duración	2,42 días
Fecha de Inicio	mié 19/10/16
Fecha Finalización	jue 27/10/16
Responsable	Asistente administrativa, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>3.4.2</b>	<b>Operador de red, fallas sobre el circuito</b>
Actividades	Operador de red, fallas sobre el circuito PL0103
Duración	3,04 días
Fecha de Inicio	mié 19/10/16
Fecha Finalización	lun 24/10/16
Responsable	Asistente administrativa, profesional de calidad

<b>3.5</b>	<b>Planes</b>
Actividades	Planes de ejecución para mantenimiento circuito PL0103
Duración	12,08 días
Fecha de Inicio	lun 13/03/17
Fecha Finalización	mié 29/03/17
Responsable	

<b>3.5.1</b>	<b>Estrategia de ejecución</b>
Actividades	Estrategia de ejecución requerido
Duración	9,83 días
Fecha de Inicio	lun 13/03/17
Fecha Finalización	lun 27/03/17
Responsable	PM director del proyecto

<b>3.5.2</b>	<b>Definición de prioridades</b>
Actividades	Definición de prioridades circuito PL0103
Duración	1,33 días
Fecha de Inicio	jue 23/03/17
Fecha Finalización	lun 27/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 3, PM director del proyecto

<b>3.5.3</b>	<b>Dimensionamiento de recursos para la intervención</b>
Actividades	Dimensionamiento de recursos para la intervención circuito PL0103

Duración	2,25 días
Fecha de Inicio	lun 27/03/17
Fecha Finalización	mié 29/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 1

<b>4</b>	<b>Implementación</b>
Actividades	Implementación, resumen de actividades circuito PL0103
Duración	130,83 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	vie 15/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>4.1</b>	<b>Capacitaciones</b>
Actividades	Capacitaciones, resumen de actividades circuito PL0103
Duración	4,37 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	mar 04/04/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, profesional de calidad.

<b>4.1.1</b>	<b>Socialización del modelo RCM</b>
Actividades	Socialización del modelo RCM circuito PL0103
Duración	2,5 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	mar 04/04/17
Responsable	Profesional junior analista de información 1, profesional de calidad.

<b>4.1.2</b>	<b>Capacitación en nuevas tecnologías</b>
Actividades	Capacitación en nuevas tecnologías a aplicar circuito PL0103
Duración	2,5 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	vie 31/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2

<b>4.1.3</b>	<b>Instrucción en procesos</b>
Actividades	Instrucción en procesos circuito PL0103
Duración	2,5 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	vie 31/03/17
Responsable	Profesional junior analista de información 3

<b>4.2</b>	<b>Programación</b>
Actividades	Resumen programación circuito PL0103
Duración	24,25 días.
Fecha de Inicio	mar 04/04/17
Fecha Finalización	lun 08/05/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>4.2.1</b>	<b>Mantenimiento predictivo</b>
Actividades	Programación mantenimiento predictivo circuito PL0103
Duración	2,5 días.
Fecha de Inicio	mar 04/04/17
Fecha Finalización	jue 06/04/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad.

<b>4.2.2</b>	<b>Mantenimiento preventivo</b>
Actividades	Programación mantenimiento preventivo circuito PL0103
Duración	23,25 días.
Fecha de Inicio	mar 04/04/17
Fecha Finalización	lun 08/05/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad.

<b>4.2.3</b>	<b>Mantenimiento correctivo</b>
Actividades	Programación mantenimiento correctivo circuito PL0103
Duración	13,42 días.
Fecha de Inicio	jue 06/04/17
Fecha Finalización	mié 26/04/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad.

<b>4.3</b>	<b>Seguimiento del modelo RCM</b>
Actividades	Seguimiento al modelo RCM circuito PL0103
Duración	23,37 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	vie 05/05/17
Responsable	Asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>4.3.1</b>	<b>Registro de fallas posteriores y uso de la información capturada</b>
Actividades	Registro de fallas posteriores y uso de la información capturada circuito PL0103
Duración	2 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	vie 05/05/17
Responsable	Asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>4.3.2</b>	<b>Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red</b>
Actividades	Fallas posteriores circuito PL0103
Duración	4,17 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	lun 03/04/17
Responsable	Asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>4.3.3</b>	<b>Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable</b>
Actividades	Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable circuito PL0103
Duración	1,83 días.
Fecha de Inicio	jue 30/03/17
Fecha Finalización	lun 03/04/17
Responsable	Asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, tecnólogo en levantamiento de red.

<b>4.4</b>	<b>Control</b>
Actividades	Control, tareas resumen circuito PL0103
Duración	130,83 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	vie 15/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>4.4.1</b>	<b>Materiales y equipos</b>
Actividades	Materiales y equipos circuito PL0103
Duración	32,29 días.
Fecha de Inicio	mié 29/03/17
Fecha Finalización	jue 11/05/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>4.4.2</b>	<b>Control de mantenimiento</b>
Actividades	Control de mantenimiento circuito PL0103
Duración	23,62 días.
Fecha de Inicio	jue 06/04/17
Fecha Finalización	mié 10/05/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de

	calidad, PM director de proyecto.
--	-----------------------------------

<b>4.4.3</b>	<b>Control de la calidad</b>
Actividades	Control de calidad circuito PL0103
Duración	100,58 días.
Fecha de Inicio	mié 10/05/17
Fecha Finalización	vie 15/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, tecnólogo en levantamiento de red, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, técnico en terreno, profesional de calidad, PM director de proyecto.

<b>5</b>	<b>Adquisiciones</b>
Actividades	Resumen de actividades adquisiciones modelo RCM circuito PL0103
Duración	7,5 días
Fecha de Inicio	vie 15/09/17
Fecha Finalización	lun 25/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, PM director de proyecto.

<b>5.1</b>	<b>Contratación <i>outsourcing</i></b>
Actividades	Contratación <i>outsourcing</i> plan RCM
Duración	4,31 días
Fecha de Inicio	vie 15/09/17
Fecha Finalización	jue 21/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, PM director de proyecto.

<b>5.2</b>	<b>Solicitud y requerimiento de compras</b>
Actividades	Solicitud y requerimiento de compras plan RCM
Duración	3,49 días
Fecha de Inicio	vie 15/09/17
Fecha Finalización	vie 15/22/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, PM director de proyecto.

<b>5.3</b>	<b>Selección de proveedores</b>
Actividades	Selección de proveedores plan RCM
Duración	1,5 días
Fecha de Inicio	jue 21/09/17
Fecha Finalización	vie 22/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3

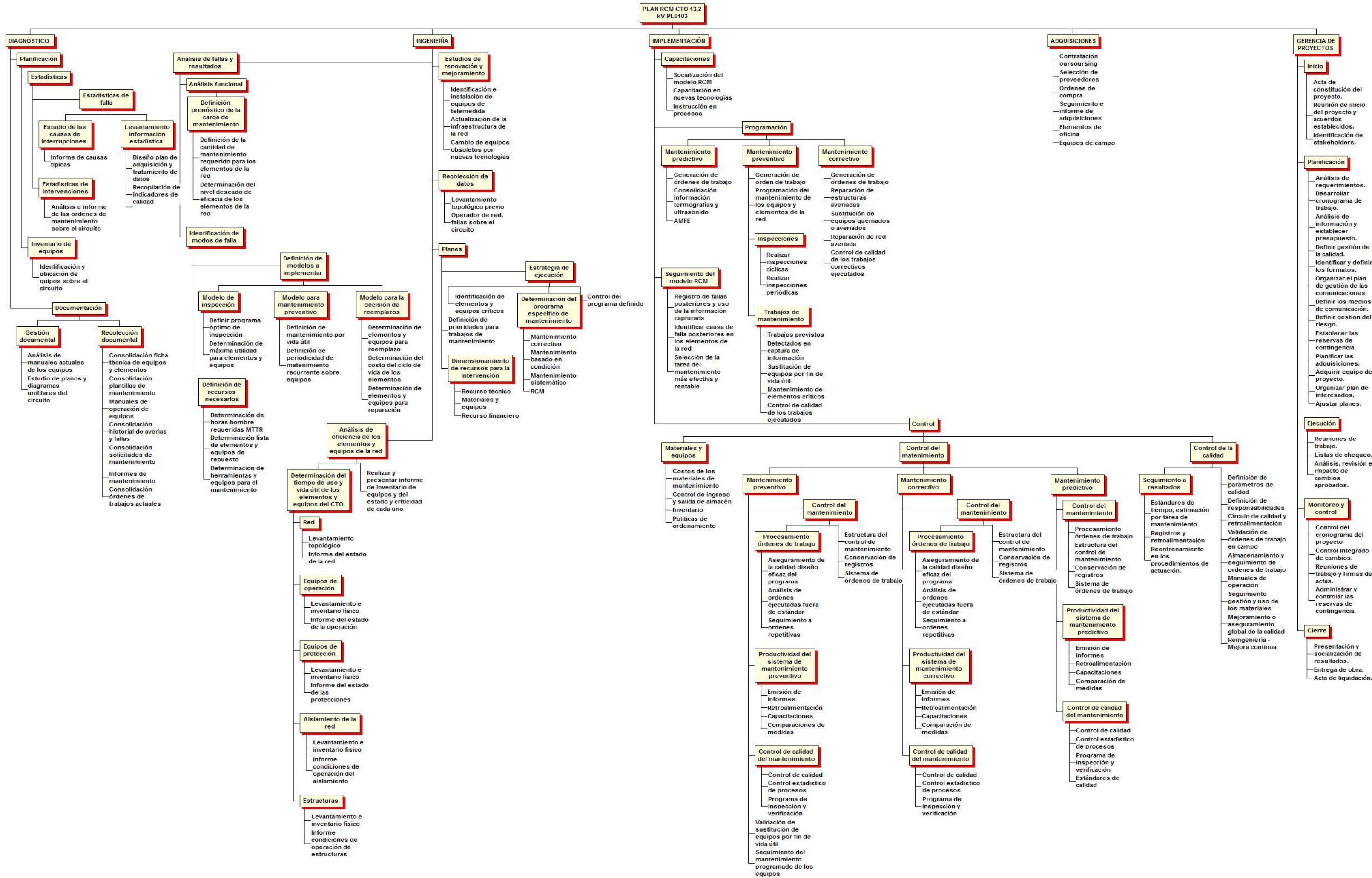
<b>5.4</b>	<b>Órdenes de compra</b>
Actividades	Órdenes de compra plan RCM circuito PL0103
Duración	1,33 días
Fecha de Inicio	jue 21/09/17
Fecha Finalización	lun 25/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, PM director de proyecto.

<b>5.4</b>	<b>Seguimiento e informe de adquisiciones</b>
Actividades	Seguimiento e informe de adquisiciones plan RCM circuito PL0103
Duración	1,33 días
Fecha de Inicio	vie 22/09/17
Fecha Finalización	lun 25/09/17
Responsable	Profesional junior analista de información 2, asistente administrativa (todo el tiempo), profesional junior analista de información 1, profesional junior analista de información 3, PM director de proyecto.

Fuente: Autores.

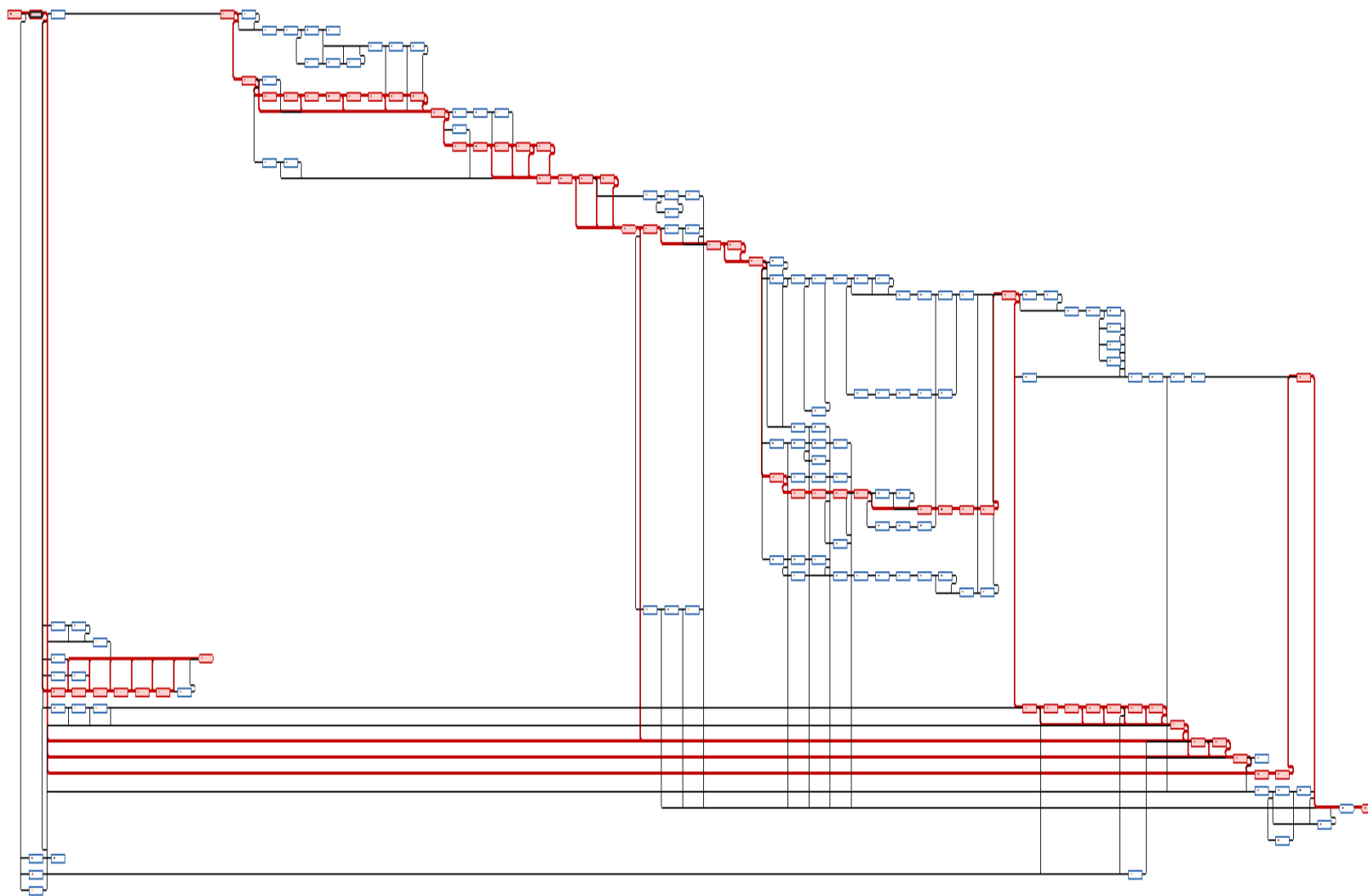


Anexo O. EDT del proyecto.



Fuente: Autores.

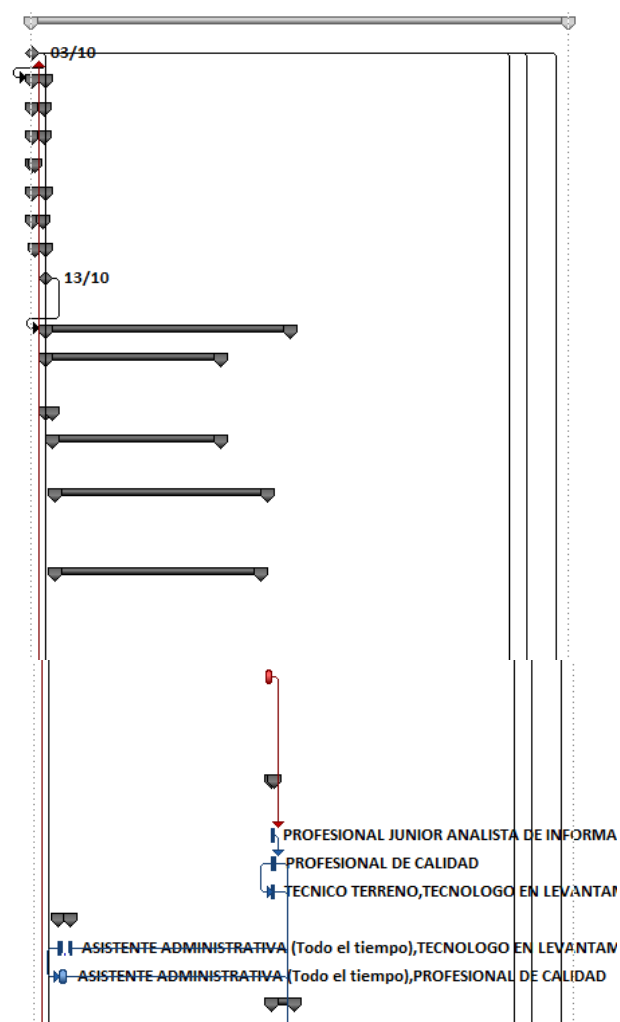
## Anexo P. Diagrama de red del proyecto.



Fuente: Autores.

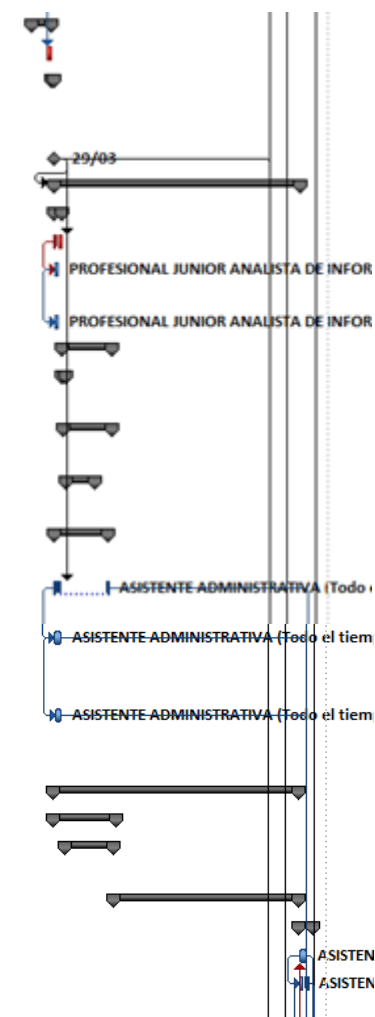
## Anexo Q. Diagrama de Gantt del proyecto.

0	0	PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103	282,06 días	\$145.575.618,56	lun 03/10/16	mié 04/10/16
1	1	Inicio del Proyecto	0 días	\$0,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16
2	2	DIAGNÓSTICO	8,67 días	\$2.209.333,28	lun 03/10/16	jue 13/10/16
3	2.1	Planificación	7 días	\$1.304.000,00	lun 03/10/16	mar 11/10/16
4	2.1.1	Estadísticas	7 días	\$864.000,00	lun 03/10/16	mar 11/10/16
13	2.1.2	Inventario de equipos	2,5 días	\$439.999,96	lun 03/10/16	mié 05/10/16
15	2.2	Documentación	8,67 días	\$905.333,28	lun 03/10/16	jue 13/10/16
16	2.2.1	Gestión documental	6,67 días	\$258.666,64	lun 03/10/16	mar 11/10/16
19	2.2.2	Recolección documental	6,67 días	\$646.666,64	mié 05/10/16	jue 13/10/16
27	2.3	Terminación fase de diagnóstico	0 días	\$0,00	jue 13/10/16	jue 13/10/16
28	3	INGENIERÍA	126,92 días	\$73.982.187,52	jue 13/10/16	mié 29/03/17
29	3.1	Análisis de fallas y resultados	90,84 días	\$2.128.000,00	jue 13/10/16	vie 10/02/17
30	3.1.1	Análisis funcional	2 días	\$544.000,00	jue 13/10/16	mar 18/10/16
34	3.1.2	Identificación de modos de falla	88,84 días	\$1.584.000,00	mar 18/10/16	vie 10/02/17
50	3.2	Análisis de eficiencia de los elementos y equipos de la red	110,83 días	\$67.999.989,76	mié 19/10/16	lun 13/03/17
51	3.2.1	Determinación del tiempo de uso y vida útil de los elementos y equipos del CTO	108,33 días	\$67.319.992,32	mié 19/10/16	jue 09/03/17
67	3.2.2	Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de cada uno	2,5 días	\$679.999,92	jue 09/03/17	lun 13/03/17
68	3.3	Estudios de renovación y mejoramiento	2,88 días	\$712.199,92	lun 13/03/17	mié 15/03/17
69	3.3.1	Identificación e instalación	0,38 días	\$118.200,00	lun 13/03/17	lun 13/03/17
70	3.3.2	Actualización de la infraestructura	2,5 días	\$439.999,96	lun 13/03/17	mié 15/03/17
71	3.3.3	Cambio de equipos obsoletos	1,25 días	\$153.999,98	lun 13/03/17	mar 14/03/17
72	3.4	Recolección de datos	6,17 días	\$510.000,00	mié 19/10/16	jue 27/10/16
73	3.4.1	Levantamiento topológico	2,42 días	\$119.999,98	mié 19/10/16	jue 27/10/16
74	3.4.2	Operador de red, fallas y mantenimiento	3,04 días	\$390.000,00	mié 19/10/16	lun 24/10/16
75	3.5	Planes	12,08 días	\$2.632.000,00	lun 13/03/17	mié 29/03/17

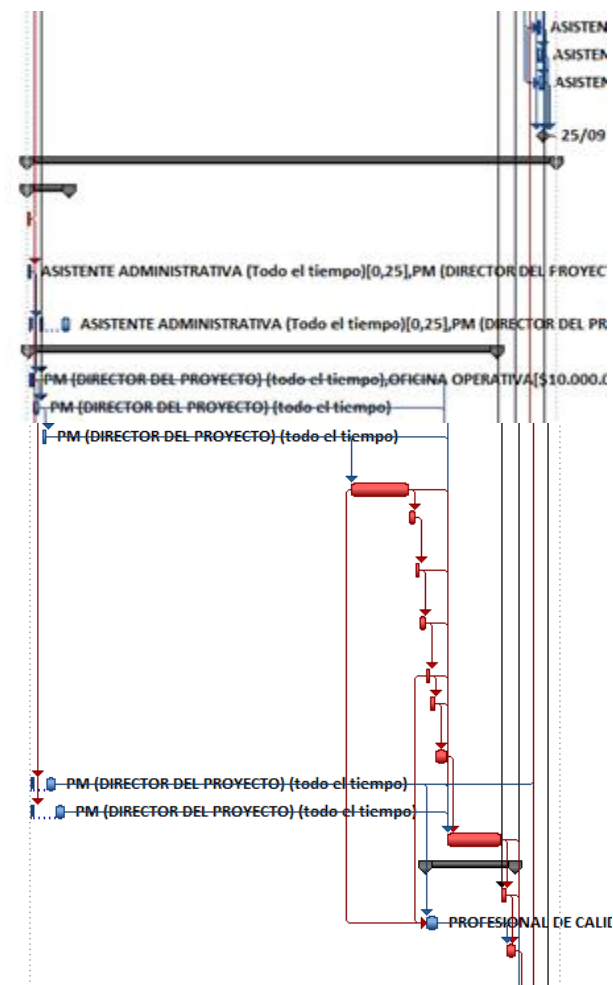




76		3.5.1	* Estrategia de ejecución	9,83 días	\$1.805.333,28	lun 13/03/17	lun 27/03/17
84		3.5.2	Definición de prioridades	1,33 días	\$394.666,64	jue 23/03/17	lun 27/03/17
85		3.5.3	* Dimensionamiento de recursos para la intervención	2,25 días	\$432.000,00	lun 27/03/17	mié 29/03/17
89		3.6	Inicio de la Implementación	0 días	\$0,00	mié 29/03/17	mié 29/03/17
90		4	IMPLEMENTACIÓN	130,83 días	\$18.424.733,44	mié 29/03/17	vie 15/09/17
91		4.1	Capacitaciones	4,37 días	\$819.999,92	mié 29/03/17	mar 04/04/17
92		4.1.1	Socialización del modelo F	2,5 días	\$339.999,96	mié 29/03/17	mar 04/04/17
93		4.1.2	Capacitación en nuevas tecnologías	2,5 días	\$239.999,98	mié 29/03/17	vie 31/03/17
94		4.1.3	Instrucción en procesos	2,5 días	\$239.999,98	mié 29/03/17	vie 31/03/17
95		4.2	Programación	24,25 días	\$3.404.000,00	mar 04/04/17	lun 08/05/17
96		4.2.1	* Mantenimiento predictivo	2,5 días	\$400.000,00	mar 04/04/17	jue 06/04/17
100		4.2.2	* Mantenimiento preventivo	23,25 días	\$1.908.000,00	mar 04/04/17	lun 08/05/17
112		4.2.3	* Mantenimiento correctivo	13,42 días	\$1.095.999,92	jue 06/04/17	mié 26/04/17
118		4.3	Seguimiento del modelo RCM	27,37 días	\$672.000,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17
119		4.3.1	Registro de fallas posteriores y uso de la	2 días	\$192.000,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17
120		4.3.2	Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red	4,17 días	\$319.999,98	mié 29/03/17	lun 03/04/17
121		4.3.3	Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable	1,83 días	\$159.999,99	jue 30/03/17	lun 03/04/17
122		4.4	Control	130,83 días	\$13.528.733,44	mié 29/03/17	vie 15/09/17
123		4.4.1	* Materiales y equipos	32,29 días	\$640.200,00	mié 29/03/17	jue 11/05/17
128		4.4.2	* Control del mantenimiento	23,62 días	\$8.345.333,12	jue 06/04/17	mié 10/05/17
183		4.4.3	* Control de la calidad	100,58 días	\$4.543.200,00	mié 10/05/17	vie 15/09/17
197		5	ADQUISICIONES	7,15 días	\$3.954.200,00	vie 15/09/17	lun 25/09/17
198		5.1	Contratación outsourcing	4,31 días	\$2.415.000,00	vie 15/09/17	jue 21/09/17
199		5.2	Solicitud y requerimiento de compras	3,49 días	\$595.200,00	vie 15/09/17	vie 22/09/17

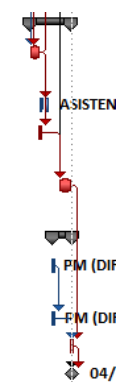


200		5.3	Selección de proveedores	1,5 días	\$240.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17
201		5.4	Ordenes de compra	1,33 días	\$352.000,00	jue 21/09/17	lun 25/09/17
202		5.5	Seguimiento e informe de adquisiciones	1,33 días	\$352.000,00	vie 22/09/17	lun 25/09/17
203		5.6	Fin del modelo RCM	0 días	\$0,00	lun 25/09/17	lun 25/09/17
204		6	<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	<b>282,06 días</b>	<b>\$47.005.173,76</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 04/10/17</b>
205		6.1	<b>Inicio</b>	<b>22,75 días</b>	<b>\$648.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mar 01/11/16</b>
206		6.1.1	Acta de constitución del proyecto.	0,5 días	\$54.000,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16
207		6.1.2	Reunión de inicio del proyecto y acuerdos	1,5 días	\$161.999,99	lun 03/10/16	mar 04/10/16
208		6.1.3	Identificación de stakeholders	8 días	\$432.000,00	mié 05/10/16	mar 01/11/16
209		6.2	<b>Planificación</b>	<b>248,5 días</b>	<b>\$25.400.005,12</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>jue 24/08/17</b>
210		6.2.1	Análisis de requerimiento	1,5 días	\$10.600.000,00	mié 05/10/16	jue 06/10/16
211		6.2.2	Desarrollar cronograma	3 días	\$1.199.999,92	jue 06/10/16	lun 10/10/16
212		6.2.3	Análisis de información y establecer presupuesto.	3 días	\$1.199.999,92	mar 11/10/16	jue 13/10/16
213		6.2.4	Definir gestión de la calidad	30 días	\$1.199.999,92	vie 12/05/17	jue 22/06/17
214		6.2.5	Identificar y definir los formatos.	2 días	\$800.000,00	jue 22/06/17	mar 27/06/17
215		6.2.6	Organizar el plan de gestión de las	3 días	\$1.199.999,92	mar 27/06/17	jue 29/06/17
216		6.2.7	Definir los medios de comunicación.	2 días	\$800.000,00	jue 29/06/17	lun 03/07/17
217		6.2.8	Definir gestión del riesgo.	3 días	\$1.199.999,92	lun 03/07/17	jue 06/07/17
218		6.2.9	Establecer las reservas de contingencia.	3 días	\$1.199.999,92	jue 06/07/17	lun 10/07/17
219		6.2.10	Planificar las adquisiciones	6,67 días	\$800.000,00	lun 10/07/17	mar 18/07/17
220		6.2.11	Adquirir equipo del proyecto	5 días	\$2.000.004,96	lun 03/10/16	jue 20/10/16
221		6.2.12	Organizar plan de interesados	5 días	\$1.999.999,84	lun 03/10/16	mié 26/10/16
222		6.2.13	Ajustar planes.	30 días	\$1.199.999,92	mar 18/07/17	jue 24/08/17
223		6.3	<b>Ejecución</b>	<b>50,17 días</b>	<b>\$4.400.000,00</b>	<b>lun 03/07/17</b>	<b>lun 04/09/17</b>
224		6.3.1	Reuniones de trabajo.	2,5 días	\$1.079.999,92	jue 24/08/17	lun 28/08/17
225		6.3.2	Listas de chequeo.	7,5 días	\$1.320.000,00	lun 03/07/17	mié 12/07/17
226		6.3.3	Análisis, revisión e impacto de cambios	5 días	\$1.999.999,84	lun 28/08/17	lun 04/09/17

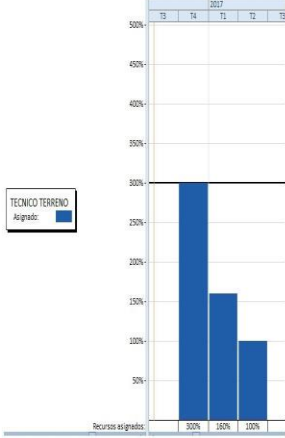
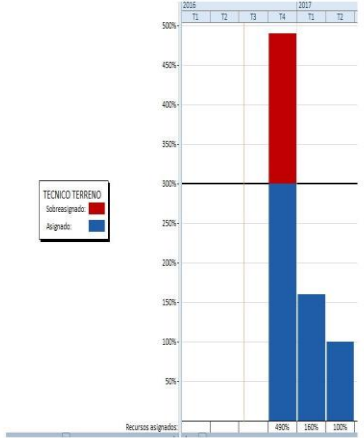
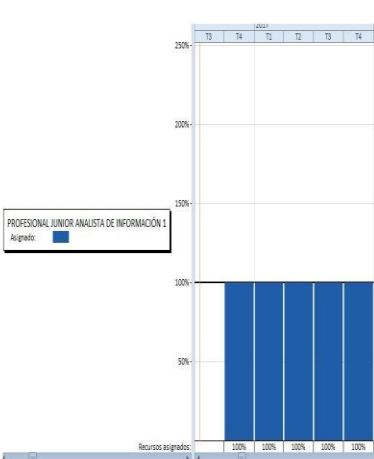
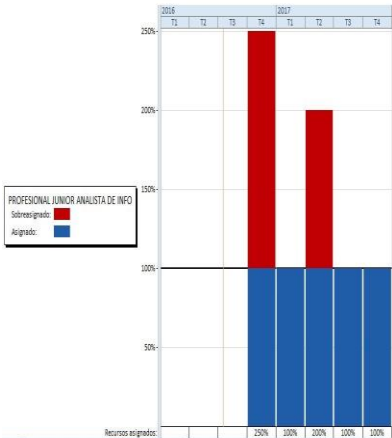
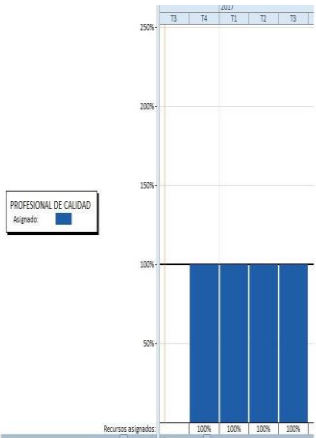
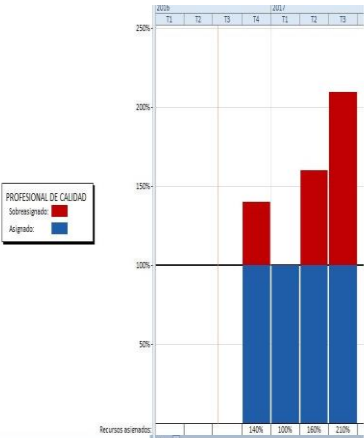
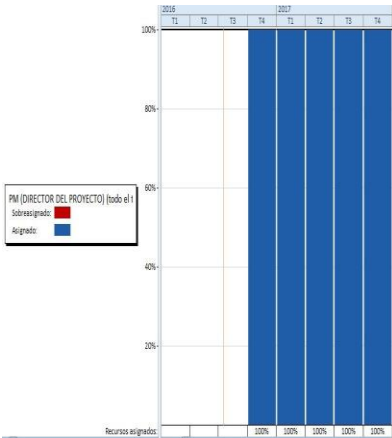


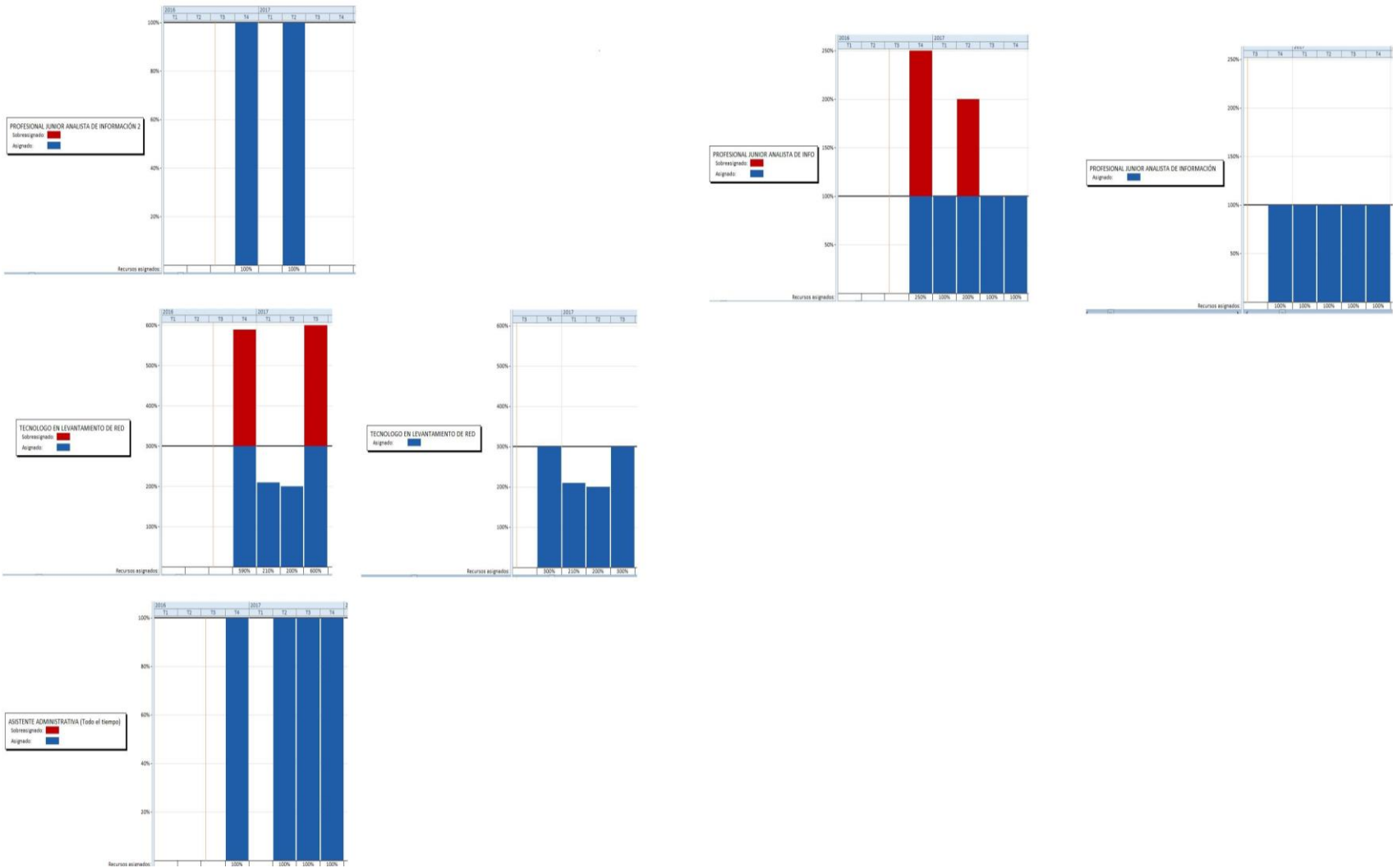
227		6.4	▢ Monitoreo y control	23,48 días	\$16.049.166,08	mar 05/09/17	mié 04/10/17
228		6.4.1	Control del cronograma del proyecto	5 días	\$1.999.999,84	mar 05/09/17	mar 12/09/17
229		6.4.2	Control integrado de camt	2,5 días	\$539.999,96	mar 12/09/17	lun 18/09/17
230		6.4.3	Reuniones de trabajo y firmas de actas.	0,83 días	\$506.666,60	mar 12/09/17	mar 12/09/17
231		6.4.4	Administrar y controlar las reservas de	7,5 días	\$13.002.499,84	lun 25/09/17	mié 04/10/17
232		6.5	▢ Cierre	10,83 días	\$508.000,00	jue 21/09/17	mié 04/10/17
233		6.5.1	Presentación y socialización de	0,5 días	\$200.000,00	jue 21/09/17	jue 21/09/17
234		6.5.2	Entrega de obra.	1 día	\$200.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17
235		6.5.3	Acta de liquidación.	0,5 días	\$108.000,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17
236		7	Fin del proyecto	0 días	\$0,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17

Fuente: Autores.



Anexo R. Nivelación de recursos.





Fuente: Autores.



## Anexo S. Uso de recursos del proyecto.

Nombre del recurso	Trabajo	Detalles	2016	2017	
			S2	S1	S2
Sin asignar	0 horas	Trabajo	S2	S1	S2
<i>Inicio del Proyecto</i>	<i>0 horas</i>	Trabajo			
<i>Terminación fase de diagnóstico</i>	<i>0 horas</i>	Trabajo			
<i>Inicio de la Implementación</i>	<i>0 horas</i>	Trabajo			
<i>Fin del modelo RCM</i>	<i>0 horas</i>	Trabajo			
<i>Fin del proyecto</i>	<i>0 horas</i>	Trabajo	152h	111,37h	335,53h
PM (DIRECTOR DEL PROYECTO) (todo el tiempo)	598,9 horas	Trabajo		5,33h	
<i>Control del programa definido</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Definición de prioridades para trabajos de mantenimiento</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Estándares de tiempo, estimación por tarea de mantenimiento</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		2,35h	1,65h
<i>Definición de parámetros de calidad</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo			16h
<i>Definición de responsabilidades</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo			2,4h
<i>Reingeniería - Mejora continua</i>	<i>2,4 horas</i>	Trabajo			24,5h
<i>Contratación outsourcing</i>	<i>24,5 horas</i>	Trabajo			5,33h
<i>Órdenes de compra</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo			5,33h
<i>Seguimiento e informe de adquisiciones</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo	1h		
<i>Acta de constitución del proyecto.</i>	<i>1 hora</i>	Trabajo	3h		
<i>Reunión de inicio del proyecto y acuerdos establecidos.</i>	<i>3 horas</i>	Trabajo	8h		
<i>Identificación de stakeholders.</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo	12h		
<i>Análisis de requerimientos.</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo	24h		
<i>Desarrollar cronograma de trabajo.</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo	24h		
<i>Análisis de información y establecer presupuesto.</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Definir gestión de la calidad.</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		16h	
<i>Identificar y definir los formatos.</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Organizar el plan de gestión de las comunicaciones.</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		10,35h	5,65h
<i>Definir los medios de comunicación.</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo			24h
<i>Definir gestión del riesgo.</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo			24h
<i>Establecer las reservas de contingencia.</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo			16h
<i>Planificar las adquisiciones.</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo	40h		

<i>Adquirir equipo del proyecto.</i>	40 horas	Trabajo	40h		
<i>Organizar plan de interesados.</i>	40 horas	Trabajo			24h
<i>Ajustar planes.</i>	24 horas	Trabajo			20h
<i>Reuniones de trabajo.</i>	20 horas	Trabajo			40h
<i>Análisis, revisión e impacto de cambios aprobados.</i>	40 horas	Trabajo			40h
<i>Control del cronograma del proyecto</i>	40 horas	Trabajo			10h
<i>Control integrado de cambios.</i>	10 horas	Trabajo			6,67h
<i>Reuniones de trabajo y firmas de actas.</i>	6,67 horas	Trabajo			60h
<i>Administrar y controlar las reservas de contingencia.</i>	60 horas	Trabajo			4h
<i>Presentación y socialización de resultados.</i>	4 horas	Trabajo			4h
<i>Entrega de obra.</i>	4 horas	Trabajo			2h
<i>Acta de liquidación.</i>	2 horas	Trabajo	64h	342,33h	73,25h
<b>PROFESIONAL JUNIOR ANALISTA DE INFORMACIÓN 1</b>	479,58 horas	Trabajo	20h		
<i>Informe de causas típicas</i>	20 horas	Trabajo	8h		
<i>Definición de la cantidad de mantenimiento requerido para los elementos de la red</i>	8 horas	Trabajo		8h	
<i>Definición de mantenimiento por vida útil</i>	8 horas	Trabajo		8h	
<i>Definición de periodicidad de mantenimiento recurrente sobre equipos</i>	8 horas	Trabajo		12h	
<i>Determinación de horas hombre requeridas MTTR</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Determinación lista de elementos y equipos de repuesto</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Determinación de herramientas y equipos para el mantenimiento</i>	12 horas	Trabajo	12h		
<i>Informe del estado de la red</i>	12 horas	Trabajo	12h		
<i>Informe del estado de las operación</i>	12 horas	Trabajo	12h		
<i>Informe del estado de las protecciones</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Informe condiciones de operación del aislamiento</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Informe condiciones de operación de estructuras</i>	12 horas	Trabajo		8h	
<i>Identificación de elementos y equipos críticos</i>	8 horas	Trabajo		16h	
<i>Mantenimiento correctivo</i>	16 horas	Trabajo		6h	
<i>Recurso técnico</i>	6 horas	Trabajo		6h	
<i>Materiales y equipos</i>	6 horas	Trabajo		10h	
<i>Socialización del modelo RCM</i>	10 horas	Trabajo		4h	

<i>Generación de órdenes de trabajo</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo		4h	
<i>Consolidación información termografías y ultrasonido</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>AMFE</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones cíclicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones periódicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Trabajos previstos</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Mantenimiento de elementos críticos</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Registro de fallas posteriores y uso de la información capturada</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		5h	
<i>Costos de los materiales de mantenimiento</i>	<i>5 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Control de ingreso y salida de almacén</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Inventario</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Políticas de ordenamiento</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		5h	
<i>Aseguramiento de la calidad diseño eficaz del programa</i>	<i>5 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Emisión de informes</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		5h	
<i>Aseguramiento de la calidad diseño eficaz del programa</i>	<i>5 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Emisión de informes</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		3,33h	
<i>Procesamiento órdenes de trabajo</i>	<i>3,33 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Estructura del control de mantenimiento</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		3,33h	
<i>Conservación de registros</i>	<i>3,33 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Emisión de informes</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Control de calidad</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Registros y retroalimentación</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo			16h
<i>Validación de órdenes de trabajo en campo</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo			6h
<i>Mejoramiento o aseguramiento global de la calidad</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo			2,4h
<i>Reingeniería - Mejora continua</i>	<i>2,4 horas</i>	Trabajo			33,25h
<i>Contratación outsourcing</i>	<i>33,25 horas</i>	Trabajo			9,6h
<i>Solicitud y requerimiento de compras</i>	<i>9,6 horas</i>	Trabajo			6h
<i>Selección de proveedores</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo	72h	289,67h	75,25h
PROFESIONAL JUNIOR ANALISTA DE INFORMACIÓN 2	436,92 horas	Trabajo	12h		
<i>Diseño plan de adquisición y tratamiento de datos</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo	16h		

<i>Recopilación de indicadores de calidad</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo	8h		
<i>Determinación del nivel deseado de eficacia de los elementos de la red</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo	12h		
<i>Informe del estado de la red</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo	12h		
<i>Informe del estado de las operación</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo	12h		
<i>Informe del estado de las protecciones</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Informe condiciones de operación del aislamiento</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Informe condiciones de operación de estructuras</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de cada uno</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		3h	
<i>Identificación e instalación de equipos de tele medida</i>	<i>3 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Identificación de elementos y equipos críticos</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		16h	
<i>Mantenimiento basado en condición</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Recurso técnico</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Materiales y equipos</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Capacitación en nuevas tecnologías</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		4h	
<i>Generación de orden de trabajo</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Detectados en captura de información</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8,67h	
<i>Control de calidad de los trabajos ejecutados</i>	<i>8,67 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Reparación de estructuras averiadas</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		13,33h	
<i>Reparación de red averiada</i>	<i>13,33 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Control de calidad de los trabajos correctivos ejecutados</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		13,33h	
<i>Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red</i>	<i>13,33 horas</i>	Trabajo		16h	
<i>Análisis de ordenes ejecutadas fuera de estándar</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Retroalimentación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Capacitaciones</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Validación de sustitución de equipos por fin de vida útil</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Seguimiento del mantenimiento programado de los equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo		16h	
<i>Análisis de ordenes ejecutadas fuera de estándar</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo		8h	

<i>Retroalimentación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Capacitaciones</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Retroalimentación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Capacitaciones</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Control estadístico de procesos</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Reentrenamiento en los procedimientos de actuación.</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo			24h
<i>Manuales de operación</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo			2,4h
<i>Reingeniería - Mejora continua</i>	<i>2,4 horas</i>	Trabajo			33,25h
<i>Contratación outsourcing</i>	<i>33,25 horas</i>	Trabajo			9,6h
<i>Solicitud y requerimiento de compras</i>	<i>9,6 horas</i>	Trabajo			6h
<i>Selección de proveedores</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo	174h	367h	65,17h
PROFESIONAL JUNIOR ANALISTA DE INFORMACIÓN 3	606,17 horas	Trabajo	24h		
<i>Análisis e informe de las ordenes de mantenimiento sobre el circuito</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo	16h		
<i>Definir programa óptimo de inspección</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo	5,67h	10,33h	
<i>Determinación de máxima utilidad para un elementos y equipos</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo		24h	
<i>Determinación de elementos y equipos para reemplazo</i>	<i>24 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Determinación del costo del ciclo de vida de los elementos</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Determinación de elementos y equipos para reparación</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento topológico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	8,33h	31,67h	
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo		40h	
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo		3h	
<i>Identificación e instalación de equipos de tele medida</i>	<i>3 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Identificación de elementos y equipos críticos</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		16h	
<i>Mantenimiento Sistemático</i>	<i>16 horas</i>	Trabajo		10,67h	
<i>Definición de prioridades para trabajos de mantenimiento</i>	<i>10,67 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Recurso financiero</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Instrucción en procesos</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Programación del mantenimiento de los equipos y elementos de la red</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Sustitución de equipos por fin de vida</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		2,67h	

útil					
<i>Generación de órdenes de trabajo</i>	2,67 horas	Trabajo		8h	
<i>Sustitución de equipos quemados o averiados</i>	8 horas	Trabajo		6,67h	
<i>Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable</i>	6,67 horas	Trabajo		16h	
<i>Seguimiento a ordenes repetitivas</i>	16 horas	Trabajo		10h	
<i>Capacitaciones</i>	10 horas	Trabajo		12h	
<i>Comparaciones de medidas</i>	12 horas	Trabajo		16h	
<i>Seguimiento a ordenes repetitivas</i>	16 horas	Trabajo		10h	
<i>Capacitaciones</i>	10 horas	Trabajo		12h	
<i>Comparación de medidas</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Capacitaciones</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Comparación de medidas</i>	12 horas	Trabajo		8h	
<i>Programa de inspección y verificación</i>	8 horas	Trabajo		12h	
<i>Reentrenamiento en los procedimientos de actuación.</i>	12 horas	Trabajo			12h
<i>Almacenamiento y seguimiento de órdenes de trabajo</i>	12 horas	Trabajo		12h	
<i>Seguimiento gestión y uso de los materiales</i>	12 horas	Trabajo			2,4h
<i>Reingeniería - Mejora continua</i>	2,4 horas	Trabajo			24,5h
<i>Contratación outsourcing</i>	24,5 horas	Trabajo			9,6h
<i>Solicitud y requerimiento de compras</i>	9,6 horas	Trabajo			6h
<i>Selección de proveedores</i>	6 horas	Trabajo			5,33h
<i>Órdenes de compra</i>	5,33 horas	Trabajo			5,33h
<i>Seguimiento e informe de adquisiciones</i>	5,33 horas	Trabajo	216,67h	364,33h	12h
<b>TECNÓLOGO EN LEVANTAMIENTO DE RED</b>	593 horas	Trabajo	6,67h		
<i>Análisis de manuales actuales de los equipos</i>	6,67 horas	Trabajo	6,67h		
<i>Estudio de planos y diagramas unifilares del circuito</i>	6,67 horas	Trabajo	4h		
<i>Consolidación ficha técnica de equipos y elementos</i>	4 horas	Trabajo	4h		
<i>Consolidación plantillas de mantenimiento</i>	4 horas	Trabajo	6,67h		
<i>Manuales de operación de equipos</i>	6,67 horas	Trabajo	4h		
<i>Consolidación historial de averías y fallas</i>	4 horas	Trabajo	4h		
<i>Consolidación solicitudes de mantenimiento</i>	4 horas	Trabajo	6,67h		

<i>Informes de mantenimiento</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación órdenes de trabajo actuales</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento topológico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo		40h	
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo		3h	
<i>Identificación e instalación de equipos de tele medida</i>	<i>3 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Cambio de equipos obsoletos por nuevas tecnologías</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo	10h		
<i>Levantamiento topológico previo</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		4h	
<i>Generación de órdenes de trabajo</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo		4h	
<i>Consolidación información termografías y ultrasonido</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>AMFE</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		4h	
<i>Generación de orden de trabajo</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones cíclicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones periódicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Trabajos previstos</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Detectados en captura de información</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Sustitución de equipos por fin de vida útil</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Mantenimiento de elementos críticos</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8,67h	
<i>Control de calidad de los trabajos ejecutados</i>	<i>8,67 horas</i>	Trabajo		2,67h	
<i>Generación de órdenes de trabajo</i>	<i>2,67 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Reparación de estructuras averiadas</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Sustitución de equipos quemados o averiados</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		13,33h	
<i>Reparación de red averiada</i>	<i>13,33 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Control de calidad de los trabajos correctivos ejecutados</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Registro de fallas posteriores y uso de la información capturada</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		13,33h	
<i>Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red</i>	<i>13,33 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Selección de la tarea del mantenimiento</i>	<i>6,67</i>	Trabajo		6h	

<i>más efectiva y rentable</i>	<i>horas</i>				
<i>Conservación de registros</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Sistema de órdenes de trabajo</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Control de calidad</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Control estadístico de procesos</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Programa de inspección y verificación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Validación de sustitución de equipos por fin de vida útil</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Seguimiento del mantenimiento programado de los equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Conservación de registros</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Sistema de órdenes de trabajo</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Control de calidad</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Control estadístico de procesos</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Programa de inspección y verificación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		3,33h	
<i>Procesamiento órdenes de trabajo</i>	<i>3,33 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Estructura del control de mantenimiento</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		3,33h	
<i>Conservación de registros</i>	<i>3,33 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Sistema de órdenes de trabajo</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Control de calidad</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Control estadístico de procesos</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Programa de inspección y verificación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo			12h
<i>Almacenamiento y seguimiento de órdenes de trabajo</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo	83,67h	70h	89,43h
ASISTENTE ADMINISTRATIVA (Todo el tiempo)	243,1 horas	Trabajo	6,67h		
<i>Análisis de manuales actuales de los equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	6,67h		
<i>Estudio de planos y diagramas unifilares del circuito</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación ficha técnica de equipos y elementos</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación plantillas de mantenimiento</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	6,67h		
<i>Manuales de operación de equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación historial de averías y fallas</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación solicitudes de mantenimiento</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	6,67h		
<i>Informes de mantenimiento</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación órdenes de trabajo actuales</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	10h		



<i>Levantamiento topológico previo</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo	15h		
<i>Operador de red, fallas sobre el circuito</i>	<i>15 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Registro de fallas posteriores y uso de la información capturada</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		13,33h	
<i>Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red</i>	<i>13,33 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Conservación de registros</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Sistema de órdenes de trabajo</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Conservación de registros</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Sistema de órdenes de trabajo</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		3,33h	
<i>Procesamiento órdenes de trabajo</i>	<i>3,33 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Estructura del control de mantenimiento</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		3,33h	
<i>Conservación de registros</i>	<i>3,33 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Sistema de órdenes de trabajo</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo			24,5h
<i>Contratación outsourcing</i>	<i>24,5 horas</i>	Trabajo			9,6h
<i>Solicitud y requerimiento de compras</i>	<i>9,6 horas</i>	Trabajo			6h
<i>Selección de proveedores</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo			5,33h
<i>Órdenes de compra</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo			5,33h
<i>Seguimiento e informe de adquisiciones</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo	1h		
<i>Acta de constitución del proyecto.</i>	<i>1 hora</i>	Trabajo	3h		
<i>Reunión de inicio del proyecto y acuerdos establecidos.</i>	<i>3 horas</i>	Trabajo	8h		
<i>Identificación de stakeholders.</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo			20h
<i>Reuniones de trabajo.</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo			10h
<i>Control integrado de cambios.</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo			6,67h
<i>Reuniones de trabajo y firmas de actas.</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo			2h
<i>Acta de liquidación.</i>	<i>2 horas</i>	Trabajo	206,67h	199,33h	
<b>TÉCNICO TERRENO</b>	<b>406 horas</b>	Trabajo	6,67h		
<i>Análisis de manuales actuales de los equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	6,67h		
<i>Estudio de planos y diagramas unifilares del circuito</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación ficha técnica de equipos y elementos</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación plantillas de</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	6,67h		

<i>mantenimiento</i>					
<i>Manuales de operación de equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación historial de averías y fallas</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación solicitudes de mantenimiento</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	6,67h		
<i>Informes de mantenimiento</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	4h		
<i>Consolidación órdenes de trabajo actuales</i>	<i>4 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento topológico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo	40h		
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo		40h	
<i>Levantamiento e inventario físico</i>	<i>40 horas</i>	Trabajo		3h	
<i>Identificación e instalación de equipos de tele medida</i>	<i>3 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Cambio de equipos obsoletos por nuevas tecnologías</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Programación del mantenimiento de los equipos y elementos de la red</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones cíclicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones periódicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		5,33h	
<i>Trabajos previstos</i>	<i>5,33 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Detectados en captura de información</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Sustitución de equipos por fin de vida útil</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Mantenimiento de elementos críticos</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8,67h	
<i>Control de calidad de los trabajos ejecutados</i>	<i>8,67 horas</i>	Trabajo		2,67h	
<i>Generación de órdenes de trabajo</i>	<i>2,67 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Reparación de estructuras averiadas</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Sustitución de equipos quemados o averiados</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		13,33h	
<i>Reparación de red averiada</i>	<i>13,33 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Control de calidad de los trabajos correctivos ejecutados</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		5h	
<i>Costos de los materiales de mantenimiento</i>	<i>5 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Control de ingreso y salida de almacén</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		12h	

<i>Inventario</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Políticas de ordenamiento</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Validación de sustitución de equipos por fin de vida útil</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo		6,67h	
<i>Seguimiento del mantenimiento programado de los equipos</i>	<i>6,67 horas</i>	Trabajo	51h	222,67h	100,67h
PROFESIONAL DE CALIDAD	374,33 horas	Trabajo	20h		
<i>Identificación y ubicación de quipos sobre el circuito</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo	8h		
<i>Definición de la cantidad de mantenimiento requerido para los elementos de la red</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo	8h		
<i>Determinación del nivel deseado de eficacia de los elementos de la red</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de cada uno</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Actualización de la infraestructura de la red</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo	15h		
<i>Operador de red, fallas sobre el circuito</i>	<i>15 horas</i>	Trabajo		20h	
RCM	20 horas	Trabajo		10,67h	
<i>Control del programa definido</i>	<i>10,67 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Socialización del modelo RCM</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones cíclicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		6h	
<i>Realizar inspecciones periódicas</i>	<i>6 horas</i>	Trabajo		5h	
<i>Aseguramiento de la calidad diseño eficaz del programa</i>	<i>5 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Estructura del control de mantenimiento</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Control de calidad</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Control estadístico de procesos</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Programa de inspección y verificación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		5h	
<i>Aseguramiento de la calidad diseño eficaz del programa</i>	<i>5 horas</i>	Trabajo		12h	
<i>Estructura del control de mantenimiento</i>	<i>12 horas</i>	Trabajo		20h	
<i>Control de calidad</i>	<i>20 horas</i>	Trabajo		10h	
<i>Control estadístico de procesos</i>	<i>10 horas</i>	Trabajo		8h	
<i>Programa de inspección y verificación</i>	<i>8 horas</i>	Trabajo		16h	

Fuente: Autores.

## Anexo T. Plan de respuesta al riesgo.

AMENAZA / OPORTUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	CAUSA RAÍZ	TRIGGER	PROBABILIDAD POR IMPACTO	TIPO DE RIESGO	RESPUESTAS PLANIFICADAS	ESTRATEGIA	RESPONSABLE DE LA RESPUESTA	FECHA PLANIFICADA	PLAN DE CONTINGENCIA
Amenaza	La comunidad se convertirá en enemigo para la correcta ejecución del proyecto.	Mala comunicación y falta de gestión social por parte del operador de red para con los usuarios del circuito.	Primera alerta por parte de la comunidad al no permitir el ingreso durante el levantamiento de información.	60%	Alto	Reuniones de carácter urgente con los presidentes de las juntas de acción comunal.	Mitigar	PM	23-oct-16	Informar al gestor para coordinar la logística de la citación y desarrollo de reunión.
						Llegar y cerrar acuerdos con la comunidad.				Notificar que se materializó el riesgo.
Amenaza	No se gestionen a tiempo las solicitudes de cambio requeridas.	Acompañamiento mínimo por parte del gestor del contrato durante las reuniones de seguimiento.	No asistencia del Gestor del contrato a las reuniones establecidas o gestión tardía a las solicitudes de cambios y requerimientos.	40%	Moderado	Contar con un sustituto del gestor o alguien que haga las veces de él y que tenga poder de decisión, para cuando no pueda asistir a las reuniones personalmente.	Mitigar	PM-Sponsor	23-oct-16	Informar al <i>Sponsor</i> para alinear al gestor.
						Solicitar Recordar las fechas de reuniones.				Notificar incumplimiento de contrato.

Amenaza	Dificultad y demora en la ejecución de las actividades programadas.	Condiciones ambientales adversas.	Inicio de temporadas de lluvia.	50%	Moderado	Obtener datos meteorológicos de la institución pública de apoyo técnico y científico para el sistema ambiental nacional IDEAM cada tres meses de las condiciones ambientales previstas que contribuyan en la planeación de las operaciones en terreno.	Aceptar	PM-Sponsor	05-sep-16	Planificación según registros meteorológicos del año inmediatamente anterior.
Amenaza	Indisponibilidad de los equipos requeridos para la iniciación del plan RCM.	Recursos insuficientes del contratista para la adquisición de los equipos, incumplimiento de los proveedores para la entrega de los equipos.	Inexistencia o falta de funcionalidad en los equipos 5 días antes de la iniciación del proyecto, carencia de facturas de compra de los equipos durante la primera revisión de información.	15%	Bajo	Validación de que la gestión para la adquisición de los equipos y elementos necesarios haya comenzado 20 días antes de la fecha límite en la entrega de las facturas de los mismos.	Mitigar	PM	10-sep-16	Informar al gestor a fin de establecer lineamientos para que se lleve a cabo la solicitud sin falta.
						Validación de proveedores, a fin de establecer seriedad en la entrega.				Notificar si 10 días antes del inicio del proyecto no se cuentan con al menos el 70% de los equipos requeridos.
Amenaza	No gestionar un cambio de forma adecuada.	Mala comunicación entre las partes y alto volumen de trabajo.	Solicitudes de cambio iniciales sin respuesta.	30%	Moderado	Auditoría interna que validen si puede haber cambios y si no se han detectado para su correspondiente solicitud.	Mitigar	PM	01-sep-17	Notificación inmediata si se detecta un cambio sin gestionar antes de lo establecido.

Oportunidad	Realizar un estudio que supere los requerimientos.	Histórico de fallas, completo, información clara y concisa.	Datos completos y consistentes en la información suministrada durante la primera revisión.	5%	Bajo	Reunión previa a la iniciación del proyecto con el <i>Sponsor</i> que permitan afianzar lasos de confianza y niveles de responsabilidad para la entrega oportuna de la información.	Aceptar	PM	12-sep-16	Dar claridad de los datos requeridos con exactitud.
-------------	--	---	--	----	------	---	---------	----	-----------	---

Fuente: Autores.

## Anexo U. Matriz RACI

EDT	Nombre de tarea	OPERADOR DE RED DEL META EMSA ESP.	GERENTE DEL PROYECTO (PM)	PROFESIONAL JUNIOR ANALISTA DE INFORMACIÓN	PROFESIONAL DE CALIDAD	TECNÓLOGO EN LEVANTAMIENTO DE RED	TÉCNICO EN TERRENO	PERSONAL ADMINISTRATIVO
<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>	C	R/A	-	-	-	-	-
2.1	Planificación	I	R/A	-	-	-	-	-
2.2	Compras	I	R/A	-	-	-	-	-
2.3	Documentación	C	A	-	R	-	-	-
<b>3</b>	<b>INGENIERÍA</b>	C	R/A	-	-	-	-	-
3.1	Modelos	I	R/A	-	R	-	-	-
3.2	Mediciones	C	R/A	-	R	R	-	-
3.3	Pronósticos	I	R/A	-	-	R	-	-
3.4	Programación	I	A	-	-	R	-	-
3.5	Control	I	R/A	R	R	-	-	-
<b>4</b>	<b>ADQUISICIONES</b>	I	A	R	-	R	-	-
4.1	Contratación <i>outsourcing</i>	I	R/A	-	R	-	-	
4.2	Solicitud y requerimiento de compras	C	A	R	-	-	-	R
4.3	Selección de proveedores	C	A	R	R	-	-	-
4.4	Órdenes de compra	I	A	R	-	-	-	R
4.5	Seguimiento e informe de adquisiciones	C	A	R	R	-	-	-
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	I	R/A	-	-	-	-	-
5.1	Capacitaciones	C	A	-	R	R	-	-
5.2	Seguimiento del modelo RCM	I	A	R	R	-	-	-
5.3	Programación	I	A	R	-	R	-	-
5.4	Control de la	C	A	-	R	-	-	-

	<b>calidad</b>							
<b>5.5</b>	<b>Seguimiento de resultados</b>	I	A	R	-	-	-	-
<b>6</b>	<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	I/C	R/A					
<b>6.1</b>	<b>Inicio</b>	-	R/A					
<b>6.2</b>	<b>Planificación</b>	-	R/A					
<b>6.3</b>	<b>Ejecución</b>	I/C	R/A					
<b>6.4</b>	<b>Monitoreo y control</b>	C	R/A					
<b>6.5</b>	<b>Cierre</b>	-	R/A					

Fuente: Autores.



## Anexo V. Actividades del proyecto.

Nombre de tarea	Costo	Comienzo	Fin	Duración
<b>PLAN RCM CTO 13,2 kV PL0103</b>	<b>\$145.575.618,56</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 04/10/17</b>	<b>282,06 días</b>
Inicio del Proyecto	\$0,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16	0 días
<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>\$2.209.333,28</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>8,67 días</b>
<b>Planificación</b>	<b>\$1.304.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mar 11/10/16</b>	<b>7 días</b>
<b>Estadísticas</b>	<b>\$864.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mar 11/10/16</b>	<b>7 días</b>
<b>Estadísticas de falla</b>	<b>\$576.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>vie 07/10/16</b>	<b>4 días</b>
Estudio de las causas de interrupciones	\$239.999,98	lun 03/10/16	mié 05/10/16	2,5 días
<b>Levantamiento información estadística</b>	<b>\$336.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>vie 07/10/16</b>	<b>4 días</b>
Diseño plan de adquisición y tratamiento de datos	\$144.000,00	lun 03/10/16	jue 06/10/16	3 días
Recopilación de indicadores de calidad	\$192.000,00	lun 03/10/16	vie 07/10/16	4 días
<b>Estadísticas de intervenciones</b>	<b>\$288.000,00</b>	<b>vie 07/10/16</b>	<b>mar 11/10/16</b>	<b>3 días</b>
Análisis e informe de las ordenes de mantenimiento sobre el circuito	\$288.000,00	vie 07/10/16	mar 11/10/16	3 días
<b>Inventario de equipos</b>	<b>\$439.999,96</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 05/10/16</b>	<b>2,5 días</b>
Identificación y ubicación de quipos sobre el circuito	\$439.999,96	lun 03/10/16	mié 05/10/16	2,5 días
<b>Documentación</b>	<b>\$905.333,28</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>8,67 días</b>
<b>Gestión documental</b>	<b>\$258.666,64</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mar 11/10/16</b>	<b>6,67 días</b>
Análisis de manuales actuales de los equipos	\$129.333,32	lun 03/10/16	mar 11/10/16	6,33 días
Estudio de planos y diagramas unifilares del circuito	\$129.333,32	lun 03/10/16	mar 11/10/16	6,33 días
<b>Recolección documental</b>	<b>\$646.666,64</b>	<b>mié 05/10/16</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>6,67 días</b>
Consolidación ficha técnica de equipos y elementos	\$77.600,00	mié 05/10/16	vie 07/10/16	2,5 días
Consolidación plantillas de mantenimiento	\$77.600,00	mié 05/10/16	vie 07/10/16	2,5 días
Manuales de operación de equipos	\$129.333,32	mié 05/10/16	mar 11/10/16	4,17 días
Consolidación historial de averías y fallas	\$77.600,00	mié 05/10/16	vie 07/10/16	2,5 días
Consolidación solicitudes de mantenimiento	\$77.600,00	mié 05/10/16	vie 07/10/16	2,5 días
Informes de mantenimiento	\$129.333,32	mié 05/10/16	jue 13/10/16	6,67 días

Consolidación órdenes de trabajos actuales	\$77.600,00	mié 05/10/16	mar 11/10/16	5 días
Terminación fase de diagnóstico	\$0,00	jue 13/10/16	jue 13/10/16	0 días
<b>INGENIERÍA</b>	<b>\$73.982.187,52</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>126,92 días</b>
<b>Análisis de fallas y resultados</b>	<b>\$2.128.000,00</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>vie 10/02/17</b>	<b>90,84 días</b>
<b>Análisis funcional</b>	<b>\$544.000,00</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>mar 18/10/16</b>	<b>2 días</b>
<b>Definición pronóstico de la carga de mantenimiento</b>	<b>\$544.000,00</b>	<b>jue 13/10/16</b>	<b>mar 18/10/16</b>	<b>2 días</b>
Definición de la cantidad de mantenimiento requerido para los elementos de la red	\$272.000,00	jue 13/10/16	mar 18/10/16	2 días
Determinación del nivel deseado de eficacia de los elementos de la red	\$272.000,00	jue 13/10/16	mar 18/10/16	2 días
<b>Identificación de modos de falla</b>	<b>\$1.584.000,00</b>	<b>mar 18/10/16</b>	<b>vie 10/02/17</b>	<b>88,84 días</b>
<b>Definición de modelos a implementar</b>	<b>\$1.152.000,00</b>	<b>mar 18/10/16</b>	<b>lun 06/02/17</b>	<b>84,29 días</b>
<b>Modelo de inspección</b>	<b>\$384.000,00</b>	<b>mar 18/10/16</b>	<b>vie 27/01/17</b>	<b>78,29 días</b>
Definir programa óptimo de inspección	\$192.000,00	mar 18/10/16	mié 19/10/16	2 días
Determinación de máxima utilidad para un elemento y equipos	\$192.000,00	lun 26/12/16	vie 27/01/17	2 días
<b>Modelo para mantenimiento preventivo</b>	<b>\$192.000,00</b>	<b>vie 27/01/17</b>	<b>mar 31/01/17</b>	<b>2 días</b>
Definición de mantenimiento por vida útil	\$96.000,00	vie 27/01/17	lun 30/01/17	1 día
Definición de periodicidad de mantenimiento recurrente sobre equipos	\$96.000,00	lun 30/01/17	mar 31/01/17	1 día
<b>Modelo para la decisión de reemplazos</b>	<b>\$576.000,00</b>	<b>vie 27/01/17</b>	<b>lun 06/02/17</b>	<b>6 días</b>
Determinación de elementos y equipos para reemplazo	\$288.000,00	vie 27/01/17	mié 01/02/17	3 días
Determinación del costo del ciclo de vida de los elementos	\$144.000,00	mié 01/02/17	jue 02/02/17	1,5 días
Determinación de elementos y equipos para reparación	\$144.000,00	jue 02/02/17	lun 06/02/17	1,5 días
<b>Definición de recursos necesarios</b>	<b>\$432.000,00</b>	<b>lun 06/02/17</b>	<b>vie 10/02/17</b>	<b>4,55 días</b>
Determinación de horas hombre requeridas MTTR	\$144.000,00	lun 06/02/17	vie 10/02/17	4,55 días
Determinación lista de elementos y equipos de	\$144.000,00	lun 06/02/17	vie 10/02/17	4,55 días

repuesto				
Determinación de herramientas y equipos para el mantenimiento	\$144.000,00	lun 06/02/17	vie 10/02/17	4,55 días
<b>Análisis de eficiencia de los elementos y equipos de la red</b>	<b>\$67.999.989,76</b>	<b>mié 19/10/16</b>	<b>lun 13/03/17</b>	<b>110,83 días</b>
<b>Determinación del tiempo de uso y vida útil de los elementos y equipos del CTO</b>	<b>\$67.319.992,32</b>	<b>mié 19/10/16</b>	<b>jue 09/03/17</b>	<b>108,33 días</b>
<b>Red</b>	<b>\$31.584.000,00</b>	<b>mié 19/10/16</b>	<b>mié 23/11/16</b>	<b>25 días</b>
Levantamiento topológico	\$31.296.000,00	mié 19/10/16	mié 23/11/16	25 días
Informe del estado de la red	\$288.000,00	mié 19/10/16	vie 21/10/16	1,5 días
<b>Equipos de operación</b>	<b>\$31.584.000,00</b>	<b>mié 19/10/16</b>	<b>jue 24/11/16</b>	<b>26,5 días</b>
Levantamiento e inventario físico	\$31.296.000,00	mié 19/10/16	mié 23/11/16	25 días
Informe del estado de la operación	\$288.000,00	mié 23/11/16	jue 24/11/16	1,5 días
<b>Equipos de protección</b>	<b>\$1.384.000,00</b>	<b>mié 23/11/16</b>	<b>mar 27/12/16</b>	<b>26,5 días</b>
Levantamiento e inventario físico	\$1.096.000,00	mié 23/11/16	lun 26/12/16	25 días
Informe del estado de las protecciones	\$288.000,00	lun 26/12/16	mar 27/12/16	1,5 días
<b>Aislamiento de la red</b>	<b>\$1.384.000,00</b>	<b>lun 26/12/16</b>	<b>vie 27/01/17</b>	<b>26,5 días</b>
Levantamiento e inventario físico	\$1.096.000,00	lun 26/12/16	jue 26/01/17	25 días
Informe condiciones de operación del aislamiento	\$288.000,00	jue 26/01/17	vie 27/01/17	1,5 días
<b>Estructuras</b>	<b>\$1.384.000,00</b>	<b>jue 26/01/17</b>	<b>jue 09/03/17</b>	<b>33,33 días</b>
Levantamiento e inventario físico	\$1.096.000,00	jue 26/01/17	mar 07/03/17	29,54 días
Informe condiciones de operación de estructuras	\$288.000,00	mar 07/03/17	jue 09/03/17	1,5 días
Realizar y presentar informe de inventario de equipos y del estado y criticidad de cada uno	\$679.999,92	jue 09/03/17	lun 13/03/17	2,5 días
<b>Estudios de renovación y mejoramiento</b>	<b>\$712.199,92</b>	<b>lun 13/03/17</b>	<b>mié 15/03/17</b>	<b>2,88 días</b>
Identificación e instalación de equipos de tele medida	\$118.200,00	lun 13/03/17	lun 13/03/17	0,38 días
Actualización de la infraestructura de la red	\$439.999,96	lun 13/03/17	mié 15/03/17	2,5 días
Cambio de equipos obsoletos por nuevas tecnologías	\$153.999,98	lun 13/03/17	mar 14/03/17	1,25 días
<b>Recolección de datos</b>	<b>\$510.000,00</b>	<b>mié 19/10/16</b>	<b>jue 27/10/16</b>	<b>6,17 días</b>

Levantamiento topológico previo	\$119.999,98	mié 19/10/16	jue 27/10/16	2,42 días
Operador de red, fallas sobre el circuito	\$390.000,00	mié 19/10/16	lun 24/10/16	3,04 días
<b>Planes</b>	<b>\$2.632.000,00</b>	<b>lun 13/03/17</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>12,08 días</b>
<b>Estrategia de ejecución</b>	<b>\$1.805.333,28</b>	<b>lun 13/03/17</b>	<b>lun 27/03/17</b>	<b>9,83 días</b>
Identificación de elementos y equipos críticos	\$288.000,00	lun 13/03/17	jue 16/03/17	2,38 días
<b>Determinación del programa específico de mantenimiento</b>	<b>\$1.016.000,00</b>	<b>lun 13/03/17</b>	<b>jue 23/03/17</b>	<b>8,5 días</b>
Mantenimiento correctivo	\$192.000,00	lun 13/03/17	mié 15/03/17	2 días
Mantenimiento basado en condición	\$192.000,00	mié 15/03/17	jue 16/03/17	2 días
Mantenimiento Sistemático	\$192.000,00	jue 16/03/17	mar 21/03/17	2 días
RCM	\$439.999,96	mar 21/03/17	jue 23/03/17	2,5 días
Control del programa definido	\$501.333,32	jue 23/03/17	lun 27/03/17	1,33 días
Definición de prioridades para trabajos de mantenimiento	\$394.666,64	jue 23/03/17	lun 27/03/17	1,33 días
<b>Dimensionamiento de recursos para la intervención</b>	<b>\$432.000,00</b>	<b>lun 27/03/17</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>2,25 días</b>
Recurso técnico	\$144.000,00	lun 27/03/17	lun 27/03/17	0,75 días
Materiales y equipos	\$144.000,00	lun 27/03/17	mar 28/03/17	0,75 días
Recurso financiero	\$144.000,00	lun 27/03/17	mié 29/03/17	1,5 días
Inicio de la Implementación	\$0,00	mié 29/03/17	mié 29/03/17	0 días
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>\$18.424.733,44</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>vie 15/09/17</b>	<b>130,83 días</b>
<b>Capacitaciones</b>	<b>\$819.999,92</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>mar 04/04/17</b>	<b>4,37 días</b>
Socialización del modelo RCM	\$339.999,96	mié 29/03/17	mar 04/04/17	2,5 días
Capacitación en nuevas tecnologías	\$239.999,98	mié 29/03/17	vie 31/03/17	2,5 días
Instrucción en procesos	\$239.999,98	mié 29/03/17	vie 31/03/17	2,5 días
<b>Programación</b>	<b>\$3.404.000,00</b>	<b>mar 04/04/17</b>	<b>lun 08/05/17</b>	<b>24,25 días</b>
<b>Mantenimiento predictivo</b>	<b>\$400.000,00</b>	<b>mar 04/04/17</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>2,5 días</b>
Generación de órdenes de trabajo	\$80.000,00	mar 04/04/17	mar 04/04/17	0,5 días
Consolidación información termografías y ultrasonido	\$80.000,00	mar 04/04/17	mar 04/04/17	0,5 días
AMFE	\$240.000,00	mar 04/04/17	jue 06/04/17	1,5 días

<b>Mantenimiento preventivo</b>	<b>\$1.908.000,00</b>	<b>mar 04/04/17</b>	<b>lun 08/05/17</b>	<b>23,25 días</b>
Generación de orden de trabajo	\$80.000,00	mar 04/04/17	mié 05/04/17	0,5 días
Programación del mantenimiento de los equipos y elementos de la red	\$193.999,94	mar 04/04/17	jue 06/04/17	1,25 días
<b>Inspecciones</b>	<b>\$592.800,00</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>mié 12/04/17</b>	<b>5,1 días</b>
Realizar inspecciones cíclicas	\$296.400,00	jue 06/04/17	vie 07/04/17	1,92 días
Realizar inspecciones periódicas	\$296.400,00	jue 06/04/17	mié 12/04/17	2,64 días
<b>Trabajos de mantenimiento</b>	<b>\$1.041.200,00</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>lun 08/05/17</b>	<b>21,75 días</b>
Trabajos previstos	\$146.133,33	jue 06/04/17	lun 24/04/17	2,64 días
Detectados en captura de información	\$219.200,00	jue 06/04/17	mié 12/04/17	4,33 días
Sustitución de equipos por fin de vida útil	\$219.200,00	mié 12/04/17	vie 21/04/17	3,33 días
Mantenimiento de elementos críticos	\$219.200,00	mié 12/04/17	jue 04/05/17	4,96 días
Control de calidad de los trabajos ejecutados	\$237.466,68	mié 12/04/17	lun 08/05/17	2,38 días
<b>Mantenimiento correctivo</b>	<b>\$1.095.999,92</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>mié 26/04/17</b>	<b>13,42 días</b>
Generación de órdenes de trabajo	\$73.066,67	jue 06/04/17	vie 07/04/17	1,67 días
Reparación de estructuras averiadas	\$219.200,00	vie 07/04/17	mar 18/04/17	5 días
Sustitución de equipos quemados o averiados	\$219.200,00	vie 07/04/17	vie 21/04/17	5 días
Reparación de red averiada	\$365.333,28	vie 07/04/17	mié 26/04/17	8,33 días
Control de calidad de los trabajos correctivos ejecutados	\$219.200,00	vie 07/04/17	mar 18/04/17	5 días
<b>Seguimiento del modelo RCM</b>	<b>\$672.000,00</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>vie 05/05/17</b>	<b>27,37 días</b>
Registro de fallas posteriores y uso de la información capturada	\$192.000,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17	2 días
Identificar causa de falla posteriores en los elementos de la red	\$319.999,98	mié 29/03/17	lun 03/04/17	4,17 días
Selección de la tarea del mantenimiento más efectiva y rentable	\$159.999,99	jue 30/03/17	lun 03/04/17	1,83 días
<b>Control</b>	<b>\$13.528.733,44</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>vie 15/09/17</b>	<b>130,83 días</b>
<b>Materiales y equipos</b>	<b>\$640.200,00</b>	<b>mié 29/03/17</b>	<b>jue 11/05/17</b>	<b>32,29 días</b>

	Costos de los materiales de mantenimiento	\$96.999,99	mié 29/03/17	vie 31/03/17	3,12 días
	Control de ingreso y salida de almacén	\$155.200,00	vie 31/03/17	jue 04/05/17	5,96 días
	Inventario	\$232.800,00	mié 29/03/17	vie 05/05/17	7,5 días
	Políticas de ordenamiento	\$155.200,00	vie 05/05/17	jue 11/05/17	5 días
	<b>Control del mantenimiento</b>	<b>\$8.345.333,12</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>mié 10/05/17</b>	<b>23,62 días</b>
	<b>Mantenimiento preventivo</b>	<b>\$3.235.333,12</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>lun 08/05/17</b>	<b>22,12 días</b>
	<b>Control del mantenimiento</b>	<b>\$962.000,00</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>mié 19/04/17</b>	<b>8,5 días</b>
	<b>Procesamiento órdenes de trabajo</b>	<b>\$554.000,00</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>mar 18/04/17</b>	<b>7 días</b>
programa	Aseguramiento de la calidad diseño eficaz del	\$169.999,98	jue 06/04/17	lun 10/04/17	1,25 días
	Análisis de órdenes ejecutadas fuera de estándar	\$192.000,00	jue 06/04/17	mar 18/04/17	2 días
	Seguimiento a órdenes repetitivas	\$192.000,00	lun 10/04/17	mié 12/04/17	2 días
	Estructura del control de mantenimiento	\$264.000,00	mar 18/04/17	mié 19/04/17	1,5 días
	Conservación de registros	\$72.000,00	mar 18/04/17	mar 18/04/17	0,75 días
	Sistema de órdenes de trabajo	\$72.000,00	mar 18/04/17	mié 19/04/17	1,5 días
	<b>Productividad del sistema de mantenimiento preventivo</b>	<b>\$768.000,00</b>	<b>mié 19/04/17</b>	<b>lun 08/05/17</b>	<b>13,62 días</b>
	Emisión de informes	\$288.000,00	mié 19/04/17	lun 24/04/17	3 días
	Retroalimentación	\$96.000,00	mié 26/04/17	jue 27/04/17	1 día
	Capacitaciones	\$239.999,96	jue 27/04/17	vie 05/05/17	3,75 días
	Comparaciones de medidas	\$144.000,00	vie 05/05/17	lun 08/05/17	1,5 días
	<b>Control de calidad del mantenimiento</b>	<b>\$1.139.999,84</b>	<b>mar 18/04/17</b>	<b>mié 03/05/17</b>	<b>11,29 días</b>
	Control de calidad	\$599.999,92	mar 18/04/17	jue 27/04/17	3,79 días
	Control estadístico de procesos	\$299.999,96	jue 27/04/17	mié 03/05/17	2,37 días
	Programa de inspección y verificación	\$240.000,00	mié 03/05/17	mié 03/05/17	1 día
útil	Validación de sustitución de equipos por fin de vida	\$182.666,64	mié 03/05/17	jue 04/05/17	0,83 días
equipos	Seguimiento del mantenimiento programado de los	\$182.666,64	mié 03/05/17	lun 08/05/17	2,42 días

<b>Mantenimiento correctivo</b>	<b>\$2.870.000,00</b>	<b>mar 18/04/17</b>	<b>mié 10/05/17</b>	<b>16,71 días</b>
<b>Control del mantenimiento</b>	<b>\$962.000,00</b>	<b>mar 18/04/17</b>	<b>mar 25/04/17</b>	<b>5,63 días</b>
<b>Procesamiento órdenes de trabajo</b>	<b>\$554.000,00</b>	<b>mar 18/04/17</b>	<b>vie 21/04/17</b>	<b>4,13 días</b>
Aseguramiento de la calidad diseño eficaz del programa	\$169.999,98	mar 18/04/17	jue 20/04/17	1,17 días
Análisis de órdenes ejecutadas fuera de estándar	\$192.000,00	jue 20/04/17	vie 21/04/17	2 días
Seguimiento a órdenes repetitivas	\$192.000,00	mar 18/04/17	mié 19/04/17	2 días
Estructura del control de mantenimiento	\$264.000,00	vie 21/04/17	mar 25/04/17	1,5 días
Conservación de registros	\$72.000,00	vie 21/04/17	lun 24/04/17	0,75 días
Sistema de órdenes de trabajo	\$72.000,00	vie 21/04/17	mar 25/04/17	1,37 días
<b>Productividad del sistema de mantenimiento correctivo</b>	<b>\$768.000,00</b>	<b>mar 25/04/17</b>	<b>mié 10/05/17</b>	<b>11,08 días</b>
Emisión de informes	\$288.000,00	mar 25/04/17	jue 27/04/17	3 días
Retroalimentación	\$96.000,00	jue 27/04/17	vie 28/04/17	1 día
Capitaciones	\$239.999,98	mar 02/05/17	lun 08/05/17	3,38 días
Comparación de medidas	\$144.000,00	lun 08/05/17	mié 10/05/17	1,5 días
<b>Control de calidad del mantenimiento</b>	<b>\$1.139.999,84</b>	<b>vie 21/04/17</b>	<b>lun 08/05/17</b>	<b>11 días</b>
Control de calidad	\$599.999,92	vie 21/04/17	jue 27/04/17	3,38 días
Control estadístico de procesos	\$299.999,96	jue 27/04/17	mié 03/05/17	2,5 días
Programa de inspección y verificación	\$240.000,00	jue 04/05/17	lun 08/05/17	2 días
<b>Mantenimiento predictivo</b>	<b>\$2.240.000,00</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>vie 05/05/17</b>	<b>20,79 días</b>
<b>Control del mantenimiento</b>	<b>\$360.000,00</b>	<b>jue 06/04/17</b>	<b>mar 11/04/17</b>	<b>4,04 días</b>
Procesamiento órdenes de trabajo	\$80.000,00	jue 06/04/17	jue 06/04/17	0,42 días
Estructura del control de mantenimiento	\$128.000,00	jue 06/04/17	mar 11/04/17	1,92 días
Conservación de registros	\$80.000,00	vie 07/04/17	mar 11/04/17	1,25 días
Sistema de órdenes de trabajo	\$72.000,00	mar 11/04/17	mar 11/04/17	0,83 días
<b>Productividad del sistema de mantenimiento predictivo</b>	<b>\$768.000,00</b>	<b>mar 11/04/17</b>	<b>jue 27/04/17</b>	<b>11,38 días</b>
Emisión de informes	\$239.999,98	mar 11/04/17	mié 19/04/17	2,5 días

Retroalimentación	\$96.000,00	mié 19/04/17	vie 21/04/17	1 día
Capacitaciones	\$288.000,00	vie 21/04/17	mié 26/04/17	3 días
Comparación de medidas	\$144.000,00	mié 26/04/17	jue 27/04/17	1,5 días
<b>Control de calidad del mantenimiento</b>	<b>\$1.111.999,92</b>	<b>jue 27/04/17</b>	<b>vie 05/05/17</b>	<b>5,37 días</b>
Control de calidad	\$399.999,96	jue 27/04/17	mié 03/05/17	2,5 días
Control estadístico de procesos	\$199.999,98	jue 27/04/17	mar 02/05/17	2,13 días
Programa de inspección y verificación	\$160.000,00	mié 03/05/17	jue 04/05/17	1,62 días
Estándares de calidad	\$352.000,00	mié 03/05/17	vie 05/05/17	2 días
<b>Control de la calidad</b>	<b>\$4.543.200,00</b>	<b>mié 10/05/17</b>	<b>vie 15/09/17</b>	<b>100,58 días</b>
<b>Seguimiento a resultados</b>	<b>\$1.776.000,00</b>	<b>mié 10/05/17</b>	<b>jue 18/05/17</b>	<b>7,5 días</b>
Estándares de tiempo, estimación por tarea de mantenimiento	\$1.199.999,92	mié 10/05/17	vie 12/05/17	3 días
Registros y retroalimentación	\$288.000,00	vie 12/05/17	mié 17/05/17	3 días
Reentrenamiento en los procedimientos de actuación.	\$288.000,00	mié 17/05/17	jue 18/05/17	1,5 días
Definición de parámetros de calidad	\$288.000,00	jue 18/05/17	jue 24/08/17	0,71 días
Definición de responsabilidades	\$800.000,00	jue 24/08/17	mar 05/09/17	2 días
Círculo de calidad y retroalimentación	\$352.000,00	mar 05/09/17	jue 07/09/17	2 días
Validación de órdenes de trabajo en campo	\$192.000,00	jue 24/08/17	lun 28/08/17	2 días
Almacenamiento y seguimiento de órdenes de trabajo	\$240.000,00	jue 24/08/17	vie 25/08/17	1,5 días
Manuales de operación	\$288.000,00	jue 24/08/17	mar 29/08/17	3 días
Seguimiento gestión y uso de los materiales	\$144.000,00	vie 12/05/17	mar 16/05/17	1,5 días
Mejoramiento o aseguramiento global de la calidad	\$204.000,00	mar 29/08/17	mar 29/08/17	0,75 días
Reingeniería - Mejora continua	\$259.200,00	jue 07/09/17	vie 15/09/17	4,5 días
<b>ADQUISICIONES</b>	<b>\$3.954.200,00</b>	<b>vie 15/09/17</b>	<b>lun 25/09/17</b>	<b>7,15 días</b>
Contratación <i>outsourcing</i>	\$2.415.000,00	vie 15/09/17	jue 21/09/17	4,31 días
Solicitud y requerimiento de compras	\$595.200,00	vie 15/09/17	vie 22/09/17	3,49 días
Selección de proveedores	\$240.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17	1,5 días
Órdenes de compra	\$352.000,00	jue 21/09/17	lun 25/09/17	1,33 días



Seguimiento e informe de adquisiciones	\$352.000,00	vie 22/09/17	lun 25/09/17	1,33 días
Fin del modelo RCM	\$0,00	lun 25/09/17	lun 25/09/17	0 días
<b>GERENCIA DE PROYECTOS</b>	<b>\$47.005.173,76</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mié 04/10/17</b>	<b>282,06 días</b>
<b>Inicio</b>	<b>\$648.000,00</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>mar 01/11/16</b>	<b>22,75 días</b>
Acta de constitución del proyecto.	\$54.000,00	lun 03/10/16	lun 03/10/16	0,5 días
Reunión de inicio del proyecto y acuerdos establecidos.	\$161.999,99	lun 03/10/16	mar 04/10/16	1,5 días
Identificación de stakeholders.	\$432.000,00	mié 05/10/16	mar 01/11/16	8 días
<b>Planificación</b>	<b>\$25.400.005,12</b>	<b>lun 03/10/16</b>	<b>jue 24/08/17</b>	<b>248,5 días</b>
Análisis de requerimientos.	\$10.600.000,00	mié 05/10/16	jue 06/10/16	1,5 días
Desarrollar cronograma de trabajo.	\$1.199.999,92	jue 06/10/16	lun 10/10/16	3 días
Análisis de información y establecer presupuesto.	\$1.199.999,92	mar 11/10/16	jue 13/10/16	3 días
Definir gestión de la calidad.	\$1.199.999,92	vie 12/05/17	jue 22/06/17	30 días
Identificar y definir los formatos.	\$800.000,00	jue 22/06/17	mar 27/06/17	2 días
Organizar el plan de gestión de las comunicaciones.	\$1.199.999,92	mar 27/06/17	jue 29/06/17	3 días
Definir los medios de comunicación.	\$800.000,00	jue 29/06/17	lun 03/07/17	2 días
Definir gestión del riesgo.	\$1.199.999,92	lun 03/07/17	jue 06/07/17	3 días
Establecer las reservas de contingencia.	\$1.199.999,92	jue 06/07/17	lun 10/07/17	3 días
Planificar las adquisiciones.	\$800.000,00	lun 10/07/17	mar 18/07/17	6,67 días
Adquirir equipo del proyecto.	\$2.000.004,96	lun 03/10/16	jue 20/10/16	5 días
Organizar plan de interesados.	\$1.999.999,84	lun 03/10/16	mié 26/10/16	5 días
Ajustar planes.	\$1.199.999,92	mar 18/07/17	jue 24/08/17	30 días
<b>Ejecución</b>	<b>\$4.400.000,00</b>	<b>lun 03/07/17</b>	<b>lun 04/09/17</b>	<b>50,17 días</b>
Reuniones de trabajo.	\$1.079.999,92	jue 24/08/17	lun 28/08/17	2,5 días
Listas de chequeo.	\$1.320.000,00	lun 03/07/17	mié 12/07/17	7,5 días
Análisis, revisión e impacto de cambios aprobados.	\$1.999.999,84	lun 28/08/17	lun 04/09/17	5 días
<b>Monitoreo y control</b>	<b>\$16.049.166,08</b>	<b>mar 05/09/17</b>	<b>mié 04/10/17</b>	<b>23,48 días</b>
Control del cronograma del proyecto	\$1.999.999,84	mar 05/09/17	mar 12/09/17	5 días
Control integrado de cambios.	\$539.999,96	mar 12/09/17	lun 18/09/17	2,5 días
Reuniones de trabajo y firmas de actas.	\$506.666,60	mar 12/09/17	mar 12/09/17	0,83 días

Administrar y controlar las reservas de contingencia.	\$13.002.499,84	lun 25/09/17	mié 04/10/17	7,5 días
<b>Cierre</b>	<b>\$508.000,00</b>	<b>jue 21/09/17</b>	<b>mié 04/10/17</b>	<b>10,83 días</b>
Presentación y socialización de resultados.	\$200.000,00	jue 21/09/17	jue 21/09/17	0,5 días
Entrega de obra.	\$200.000,00	jue 21/09/17	vie 22/09/17	1 día
Acta de liquidación.	\$108.000,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17	0,5 días
Fin del proyecto	\$0,00	mié 04/10/17	mié 04/10/17	0 días

Fuente: Autores.